Leitfaden

für den

wissenschaftlichen Unterricht

in den

Anfangsgründen der Chemie.

Für

Gymnasien, Realschulen und zum Selbstunterrichte

von

Dr. W. Casselmann,

Professor und Lehrer der Chemie und Technologie am Realgymnasium zu Wiesbaden.

Dritte verbesserte Auflage.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Wiesbaden.

C. W. Kreidel's Verlag.

1869.

Leitfaden

für den

wissenschaftlichen Unterricht

in

der Chemie.

Für

Gymnasien, Realschulen und zum Selbstunterrichte

von

Dr. W. Casselmann,

Professor und Lehrer der Chemie und Technologie am Realgymnasium zu Wiesbaden.

Erster Cursus.

(Dritte verbesserte Auflage.)

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Wiesbaden.

C. W. Kreidel's Verlag.

1869.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei der Bearbeitung der vorliegenden zweiten Auflage des ersten Cursus des Leitfadens haben im Wesentlichen dieselben Grundsätze zur Richtschnur gedient, wie bei der der ersten, und ist der Verfasser bemüht gewesen, die Zwecke des chemischen Unterrichtes an Gymnasien mit denen der Realschulen gleichzeitig zu berücksichtigen.

Der Unterricht in der Chemie verlangt nach des Verfassers Ansichten, was auch immer die letzten Zwecke sein mögen, für welche er ertheilt wird, in formeller Beziehung stets vor allen Dingen eine sorgfältige Pflege der Methode der Wissenschaft. Wenn dieser Unterricht nur in der Aufzählung einer Anzahl von Körpern mit Registrirung ihrer Zusammensetzung, ihrer Eigenschaften und ihrer Anwendbarkeit im Leben und in den Gewerben, sowie in der Vorführung gewisser Experimente besteht, welche durch in die Augen fallende Eigenthümlichkeiten augenblickliches Interesse zu erregen geeignet sind, so sieht man freilich nicht ein, welchen Nutzen derselbe für eine allgemeine Bildung stiften soll, ja, es drängen sich bedeutende Zweifel auf, ob er selbst nur solchen Schülern gerecht werden kann, deren Hauptzweck ist, die für ihre demnächstige praktisch-gewerbliche Berufsthätigkeit erforderlichen Kenntnisse einzusammeln.

Allein ein solcher Unterricht entspricht auch nicht dem Wesen der Chemie.

Der Chemiker ermittelt durch Experimente und Beobachtungen die Eigenschaften der ihn umgebenden Körper nach möglichst vielen Seiten und gründet auf deren Kenntniß durch dieselbe geistige Thätigkeit, wie der Mathematiker auf einige wenige Grundbegriffe von Zahl und Raum, eine Reihe von Schlüssen, deren Richtigkeit stets wieder durch Experimente einer exacten Prüfung unterzogen werden kann und deren Inbegriff die eigentliche Wissenschaft der Chemie ausmacht.

Durch dieses Aufbauen von Naturgesetzen übt die Chemie, indem sie es vor den Augen des Schülers vornimmt und ihn selbstthätig dabei beschäftigt, nicht allein, wie viele andere Wissenschaften, Urtheilskraft und Scharfsinn desselben, bildet und nährt sie in ihrer weitesten Verzweigung nicht nur seine Phantasie und sein Gemüth; sondern, — und das vermögen außer ihr nur noch die Physik und die anderen physiologischen Naturwissenschaften, — lehrt sie ihn auch, welchen eigenthümlichen Weg er einschlagen muß, um, sei es im Zusammenhange, sei es zur Beantwortung einzelner Fragen, wie sie einem Jeden aufstoßen, das Leben der körperlichen Natur zu erforschen und die Grenzen zu übersehen, innerhalb deren die so gewonnene Erkenntniß unumstößlich und wahr ist, oder nur hypothetische Gültigkeit hat.

In früheren Jahrhunderten hat man auch chemische Experimente und Beobachtungen angestellt, und manche dadurch gewonnene Resultate in der Industrie und den Gewerben nutzbar gemacht; allein die damaligen Chemiker, die Alchemisten, hatten allen Grund, die Art und Weise ihrer Forschungen zu verheimlichen. Deswegen konnte die Methode der Naturforschung kein Gemeingut der wissenschaftlich Gebildeten werden, ein Umstand, der mit dazu beigetragen hat, die Grundlagen höchst mangelhafter Auffassung von Allem, was natürliche Vorgänge betrifft, im Allgemeinen so lange unerschüttert zu lassen.

Heut zu Tage ist aber das Bedürfniß nach Beherrschung der naturwissenschaftlichen Methode ein ganz allgemeines; die ganze Berufsthätigkeit aller Derjenigen, welche mit dem Leben der Körperwelt irgend wie in Berührung kommen (Mediciner, Forstleute, Agronomen 2c.), oder auch nur die todte Natur und deren Schätze dem Menschengeschlechte dienstbar zu machen bestimmt sind (Bergleute, Architekten, Ingenieure, Pharmaceuten, Gewerbtreibende aller Art), ist eine unausgesetzte, fortlaufende Anwendung dieser Methode, ja, selbst die philosophischen Systeme beginnen sie zu ihrer Richtschnur zu nehmen.

Zweifelsohne läßt sich dieselbe zwar in der praktischen Ausübung der genannten Berufsarten aneignen, allein keinenfalls ohne längeres Umherirren auf unrichtigen Wegen und durchaus nicht mit der Sicherheit, als wenn sie bereits in der Jugend durch vielfache Uebungen zum Eigenthum des Schülers gemacht wird.

Diese Thatsache, sowie der Einfluß, den die Chemie in gleichem Grade wie die Physik auf die Fortentwickelung der Cultur des Menschengeschlechtes unzweifelhaft ausübt, ist Ursache gewesen, daß in den letzten Decennien die Anerkennung der Gleichberechtigung der Chemie als Unterrichtsgegenstand

mit der Mathematik und den Sprachen auf allen höheren Unterrichtsanstalten, welche vorzugsweise die allgemeine Bildung cultiviren, unverkennbare Fortschritte gemacht hat.

Aber auch die Realschulen, die höheren (Realgymnasien, polytechnischen Schulen 2c.), wie die niederen (deren Hauptaufgabe ist, den zukünftigen Vertretern des mittleren Gewerbe- — gehobenen Handwerks- — standes diejenigen Kenntnisse zu vermitteln, welche für die praktische Ausübung ihrer Gewerbe nothwendig und nützlich sind), können sich der Berücksichtigung der Methode der Chemie nicht entschlagen, weil eben für ihre Zöglinge die Urtheilsfähigkeit über chemische Vorgänge von besonderer Wichtigkeit ist.

Aus diesen Gründen ist in des Verfassers Leitfaden der Methode der Chemie eine vorherrschende Aufmerksamkeit gewidmet und als Hauptziel erstrebt worden, jeden einzelnen Lehrsatz, beziehe er sich nun auf das Verhalten eines einzelnen oder einer Gruppe von Körpern, als eine Schlußfolgerung aus **vorher beschriebenen Experimenten** hinzustellen.

Bei der Anordnung der Experimente ging der Verfasser von den in der Natur vorkommenden Körpern aus und zeigte, wie man durch deren Zerlegung zu den Elementen gelangt, während er, um einen systematischen Gang möglichst streng einzuhalten, die Auswahl der Experimente so zu treffen strebte, daß er die Anwendung einer bestimmten Substanz nicht eher zu erwähnen brauchte, bis er glauben konnte, der Schüler habe durch das Vorangegangene ein klares Bild von denjenigen Eigenschaften der Substanz erhalten, auf denen die Anwendung beruht, — ein Bild, welches eine bloße vorgreifende Erklärung in der Regel nicht zu liefern im Stande ist. Letzteres Princip läßt sich leicht durchführen, sobald dem Ganzen die Eintheilung in mehrere Lehrcurse gegeben wird, welche ohnedies durch andere pädagogische Gründe so unbedingt verlangt wird, daß eine Rechtfertigung derselben hier nicht weiter gegeben zu werden braucht.

Der **vorliegende Anfangscursus** soll, was das Material anbelangt, nach des Verfassers Plane sich auf die ersten Grundlagen aus dem ganzen Gebiete der anorganischen und organischen Chemie beschränken, die allgemeinsten chemischen Begriffe und Gesetze in der Lehre von den Metalloiden entwickeln, die Metalle nur kurz, hauptsächlich in ihrem Verhalten zum Sauerstoff charakterisiren und endlich mit den wesentlichsten Bestandtheilen und Zersetzungsproducten der Thier- und Pflanzenkörper bekannt machen. Besondere Berücksichtigung hat dabei Alles gefunden, was einerseits über die Bedeutung wichtiger Naturkörper und über Vorgänge in der Natur Aufklärung zu verbreiten geeignet ist, oder andererseits im praktischen Leben und

in der gewerblichen Technik Anwendung finden kann. In letzterer Beziehung besonders hat diese zweite Auflage wesentliche Zusätze erhalten, so daß ich nicht zweifle, dieselbe werde namentlich auch alle Bedürfnisse befriedigen, die sich bei dem Unterricht in der Chemie an niederen und mittleren Realschulen herausstellen. — Planlose Aufzählungen von Körpern oder von Eigenschaften von Körpern, welche weder zu den eben erwähnten Momenten, noch zu dem System der Wissenschaft, wie es entwickelt werden sollte, in irgend welcher Beziehung stehen, Aufzählungen, wie man sie unbegreiflicher Weise in manchen Lehrbüchern der Chemie für Anfänger immer noch findet, sind überall geflissentlich vermieden worden, weil der Verfasser sie für den Unterricht als schädlichen Ballast ansieht und nicht die kühne Hoffnung hegt, durch dieselben ausführlichere Handbücher dem Fachmann ersetzen zu können.

Den Zielen, welche beim chemischen Unterricht an niederen und mittleren Realschulen, in den unteren Classen der Realgymnasien und in den Gymnasien mit vorwaltendem philologischem Lehrstoff erreicht werden sollen, dürfte der vorliegende erste Cursus demnach völlig genügen. Die oberen Classen der Realgymnasien, sowie die polytechnischen Schulen haben dagegen weitergehende Bedürfnisse, welchen der Verfasser im zweiten Cursus nach denselben Grundsätzen durch eine eingehendere Behandlung des ganzen Stoffes, namentlich auch derjenigen Theile, welche sich ohne ein Vorgreifen im systematischen Gange vorher nicht abhandeln ließen, gerecht zu werden sich bemühte.

Was die Anordnung des Unterrichtsstoffes in der vorliegenden zweiten Auflage des ersten Cursus anbetrifft, so ist sie in dem von den anorganischen Verbindungen handelnden Abschnitte im Wesentlichen dieselbe geblieben wie in der ersten Auflage. Der die organische Chemie umfassende Theil hat dagegen in seiner Anlage vielfach abgeändert werden müssen, weil die Fortschritte, welche die Wissenschaft im letzten Decennium auf diesem Gebiete gemacht hat, Vieles zusammenzulegen geboten, was früher getrennt wurde.

Ueber den dieser zweiten Auflage angefügten, die Gesetze der Stöchiometrie enthaltenden Anhang glaubt der Verfasser noch Folgendes bemerken zu müssen:

Er ist im Allgemeinen wie früher, so noch heute der Ansicht, daß die Stöchiometrie nur von solchen Schülern vollständig aufgefaßt und durch Berechnungen von Aufgaben eingeübt werden kann, welche bereits eine hinreichend sichere Vorstellung von einer ziemlichen Anzahl chemischer Verbindungs- und Zersetzungsprocesse, d. h. bereits die Kenntnisse besitzen, welche dieser erste Cursus vermitteln soll. Andererseits möchte man freilich muthmaßen, daß das Pensum dieses ersten Cursus selbst nicht ohne Benutzung stöchiometrischer Gesetze aufgebaut werden könnte. Denn, weil in der Regel

systematische Erklärungen vieler, auch für Anfänger sehr wichtiger chemischer Processe auf die atomistische Constitution der dabei betheiligten oder entstehenden Substanzen gegründet werden, könnte es auf den ersten Blick äußerst schwierig erscheinen, diese Erklärungen ohne Anwendung stöchiometrischer Formeln und auf irgend eine andere Weise so aufzustellen, daß sie auch der Anfänger versteht. In einzelnen dieser Fälle scheint das allerdings nicht abgeleugnet werden zu können, z. B. bei der Oxydation der Halogene, bei der Theorie der Blutlaugensalze ꝛc., allein diese werden nach des Verfassers Ansicht ohnedies besser für einen folgenden Cursus aufgespart. In allen Fällen dagegen, welche dem Verfasser zu wichtig schienen, als daß sie nicht schon im ersten Cursus hätten erwähnt werden müssen, z. B. bei den Oxydationsstufen des Stickstoffs, bei der Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, bei der Aether- und Essigsäurebildung läßt sich die Erklärung der Vorgänge auch mit Vernachlässigung der atomistischen Constitution für das Verständniß der ungeübtesten Anfänger hinreichend deutlich geben.

Bei der ersten Auflage ist aus diesem Grunde die Stöchiometrie aus dem ersten Cursus ganz weggeblieben und dem zweiten zugetheilt worden. Allein da der erste Cursus in Schulen Anwendung gefunden hat, welche den chemischen Unterricht nicht bis auf den Inhalt des zweiten ausdehnen können, gleichwohl aber die Grundbegriffe der Stöchiometrie mit erledigen möchten, so hat der Verfasser letztere, und zwar in mehr compendiöser Weise als im zweiten Cursus der ersten Auflage in einem besonderen Anhange für die vorliegende zweite Auflage des ersten Cursus bearbeitet.

Es wurde gerade diese Anordnung deshalb gewählt, weil in einem Lehrbuche weder eine Sonderung der einzelnen Lehrsätze der Stöchiometrie und Einschiebung der verschiedenen Theile in verschiedene Abschnitte des übrigen Textes, noch auch die Abhandlung der stöchiometrischen Formeln und Verhältnisse der organischen Körper bei der anorganischen Chemie thunlich erschien. Trotz derselben würde es beim Unterrichte natürlich leicht ausführbar sein, daß ein Lehrer, der etwa die Ansicht des Verfassers, daß die Stöchiometrie erst auf das Pensum des ersten Cursus folgen soll, nicht theilt, die einzelnen Theile derselben an ihm geeignet scheinenden Orten in den Unterrichtsgang einschalte, z. B. diejenigen, welche sich an die anorganische Chemie anschließen, nach der Vollendung der Lehre von den Metalloiden, ja selbst schon nach Abhandlung des Sauerstoffs erledige, und das die organischen Körper, sowie die Verbindungsverhältnisse gasförmiger Körper Betreffende bis zu einem späteren Punkte aufspare. Da beim Unterrichte besonderes Gewicht auf zahlreiche Uebungen in der Ausführung stöchiometrischer Rechnungen zu legen ist, so hat der Verfasser die Formeln

über die Zusammensetzung der wichtigsten Verbindungen, sowie tabellarische Verzeichnisse der Mischungsgewichte der Elemente und der specifischen Gewichte der häufiger vorkommenden Gase beigefügt.

Wiesbaden, im Februar 1864.

Dr. W. Casselmann.

Vorwort zur dritten Auflage.

Bei der Bearbeitung der dritten Auflage des ersten Cursus haben mich im Allgemeinen dieselben Principien geleitet, welche in der Vorrede zur zweiten Auflage auseinandergesetzt worden sind. Auch in den einzelnen Abschnitten sind nur wenige Veränderungen vorgenommen worden, hauptsächlich nur diejenigen, welche die Resultate neuerer Forschungen nothwendig gemacht hatten. Was namentlich die Stöchiometrie anbetrifft, so habe ich den Versuch noch nicht wagen wollen, derselben die Typentheorie und die neueren Constitutionsformeln zum Grunde zu legen, weil ich es immer noch für sehr wahrscheinlich halte, daß deren Gebrauch beim Unterricht jüngerer Schüler große Schwierigkeiten bereiten und die Erlangung sicherer Resultate in hohem Grade verzögern würde.

Wiesbaden, im Juli 1869.

Dr. W. Casselmann.

Inhaltsverzeichniß.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

Einleitung.

Chemische Verbindung, an Beispielen erläutert 1—4.
(Silberoxyd, Wasser, Zucker, Phosphorsalz.)
Chemische Verbindung und Verwandtschaft 4.
Begriff der Chemie 5.
Elemente 5.

Anorganische Chemie.

Metalle und Metalloide 9.

Metalloide.

Sauerstoff 10—22. (Hydrate und Anhydride der Säuren 11. Metalloxyde 12. Chemischer Unterschied zwischen Metallen und Metalloiden 13. Salze 13. Basen 14. Verschiedene Oxydationsstufen der Metalloide 15. Verschiedene Oxydationsstufen der Metalle 15. Verschiedene Beständigkeit der Sauerstoffverbindungen 17. Verbrennung 19. Bedeutung des Sauerstoffs für das Leben der Menschen und Thiere 20. Vorkommen des Sauerstoffs in der Natur 20. Ozon 21.)
Wasserstoff 22—35. (Zusammensetzung des Wassers 22—27. Darstellung des Wasserstoffs 22. Verhalten der Metalle gegen Wasser 22. Knallgas 25. Verschiedene Aggregatzustände des Wassers 27. Verdunstung, Wolken u. Regen 27. Destillation 28. Gasabsorption 29. Auflösung fester Körper 30. Regen- und Quellwasser 30. Destillirtes Wasser 31. Krystallisation 31. Wasser erleichtert die chemische Verbindung 31. Krystallwasser 34. Hygroscopie 34. Vorkommen des Wasserstoffs in der Natur 35.)
Schwefel 35—42. (Schwefelsäure 35. Schweflige Säure 39. Schwefelwasserstoff 40. Vorkommen der Schwefelverbindungen in der Natur 42.)
Selen und Tellur 43.

Stickstoff 43—48. (Atmosphärische Luft 43. Darstellung des Stickstoffs 43. Salpetersäure 44. Stickoxydgas 46. Untersalpetersäure und salpetrige Säure 47.)
Phosphor 48—52. (Oxydationsstufen des Phosphors 49. Phosphorwasserstoff 51. Rother Phosphor 51. Vorkommen des Phosphors in der Natur 52.)
Arsenik 52—54. (Arsenige Säure. Arseniksäure. Arsenikwasserstoff. Schwefelarsenik.)
Antimon 54.
Kohlenstoff 55—67. (Kohlensäure 56. Oxalsäure 59. Kohlenoxydgas 61. Reduction der Metalle durch Kohle 62. Leuchtgas 64. Sumpfgas 65. Schwefelkohlenstoff 66. Vorkommen des Kohlenstoffs in der Natur, Diamant, Graphit, Steinkohle und Braunkohle, trockene Destillation von Steinkohle 2c., Theer, Coaks 66 und 67.)
Chlor 67—79. (Kochsalz 67. Salzsäure 68. Darstellung von Chlor 69. Chlor und Sauerstoff 70. Chlorwasserstoff 70, dessen Identität mit Salzsäure 71. Chlor und die übrigen Metalloide 72. Chlor und die Metalle 72. Salzsäure und die Metalle 73. Salzsäure und die Metalloxyde 73. Verschiedene Chlorverbindungen desselben Metalls 75. Salzsäure und Superoxyde 76. Königswasser 77. Haloidsalze 78. Vorkommen des Chlors in der Natur 79.)
Jod 79.
Brom 81.
Fluor 82.
Begriff der Halogene 82.
Bor 82. (Borsäure. Borax.)
Silicium 83—85. (Kieselsäure, Chlorsilicium, Glas, Vorkommen der Kieselsäure in der Natur.)
Geschichtliches 86.

Metalle.

Alkalimetalle.

Kalium 86—90. (Potasche 86. Kali 87. Kaliummetall 88. Schwefelkalium 89.)
Natrium 90—92. (Kochsalz, Glaubersalz, Schwefelnatrium, Soda, Natriummetall.)
Lithium, Cäsium, Rubidium 92.

Metalle der alkalischen Erden.

Calcium 93—95. (Kalkspath, Marmor, Kreide, Kalkstein, Calciummetall, Mörtel, Gyps, phosphorsaure Kalkerde.)
Strontium und Baryum 95. (Strontianit, Cölestin, Schwerspath, Witherit.)
Magnesium 96. (Bittersalz, Bittererde, Chlormagnesium, Magnesiummetall, kohlensaure, kieselsaure und phosphorsaure Salze.)
Lanthanium und Didymium 98.

Metalle der eigentlichen Erden.

Aluminium 98—102. (Alaun, Thonerde, Chloraluminium, Aluminiummetall, Thonwaaren. Natürliche Thonarten.)
Beryllium, Yttrium, Erbium, Terbium und Thorium 102.

Schwere Metalle.

Eisen 104—110. (Eisenglanz 104. Roheisen und Hohofenproceß 104. Stabeisen und Puddelproceß 107. Stahl 108. Eisenoxydul 108. Oxyd 109. Oxydoxydul 109. Eisenvitriol und kohlensaures Eisenoxydul 109. Schwefeleisen 110.)
Kobalt 110. (Smalte.)
Nickel 111.
Cerium und Uran 111.
Zink 111. (Galmei, Oxyd.)
Cadmium und Indium 112.
Zinn 113. (Zinnstein, Oxydul, Oxyd.)
Blei 114. (Bleiglanz, Werkblei, Weichblei, Oxyd, Mennige, Superoxyd.)
Thallium 116.
Wismuth 116.
Kupfer 116. (Malachit, Kupferlasur, Oxyd, Oxydul.)
Rückblick 118.

Edele Metalle.

Quecksilber 118. (Zinnober, Oxydul, Oxyd, salpetersaure Salze, Chlorverbindungen.)
Silber 120. (Oxyd, Höllenstein.)
Gold 120.
Platina 121.
Palladium, Iridium, Rhodium, Ruthenium, Osmium 123.
Rückblick 123.

Säuren bildende Metalle.

Chrom 124. (Chromeisenstein, Chromsäure, chromsaure Salze, Oxyd.)
Mangan 126. (Braunstein, Oxyd, Oxydul, Chlorür, Mangansäure, Uebermangansäure, Chamäleon.)
Zirkonium, Titan, Tantal, Niobium, Molybdän, Vanadium, Wolfram 128.
Schwefelmetalle 129.
Legirungen 130. (Messing, Rothguß, Schlagloth, Talmigold, Glockenspeise, Kanonenmetall, Bronze, Neusilber, Britanniametall, Aluminiumbronze, Christoflemetall, leichtflüssige Wismuthlegirungen, Amalgame, Löthen.)
Geschichtliches 132.

Organische Chemie.

Wasser in den natürlichen organischen Körpern 137.
Stickstofffreie Körper und ihre Zersetzung in höherer Temperatur 138. (Trockene Destillation, Holzsäure, Holztheer, Holzkohle, Asche.)
Die natürlichen organischen Körper sind Gemenge von Wasser, anorganischen Salzen und der eigentlichen organischen Substanz 138.

Verbrennung mit Kupferoxyd 139.
Zusammensetzung der organischen Körper 140.
Quantitative organische Analyse 141.

Erste Gruppe: (Fette.)

Pflanzenöle 142. Palmöl, Cocosbutter, Thran, Schmalz, Talg 143. (Stearin, Olein und Palmitin 144. Glycerin 145. Stearinsäure 146. Oelsäure 148. Palmitinsäure 148.)
Andere Bestandtheile von Fetten 149.
Seifen und Pflaster 149.
Wachs 151. (Melissin und Cerotinsäure.)

Zweite Gruppe: (Leim, Eiweißkörper und Alkaloide.)

Leim 152. (Knochen, Zähne, Hausenblase, Knorpelsubstanz, Sehnen, Bänder, Häute, Geweihe.)
Albumin 153. (Lösliches und coagulirtes Albumin, Albumin in den Eiern, im Blut, im Fleisch, in den Pflanzen, fibrinoplastische Substanz.)
Fibrin 156. (Blutfibrin, Syntonin, Keratin, Pflanzenfibrin, Pflanzenleim.)
Casein 157. (Milchcasein, Legumin.)
Blutkörperchen, Hämoglobin, Globulin, Hämatin 158 u. 159.
Fäulniß und Verwesung 159.
Rückblick 160.

Zersetzungsproducte der Eiweißkörper.

Cyan 160. (Cyankalium, Blausäure, Cyanquecksilber, Cyangas.)
Destillation thierischer Substanzen 164. (Hirschhornöl, Hirschhornspiritus, Knochenkohle.)
Ammoniak 164. (Hirschhornsalz, Salmiak, Ammonium, Ammoniumoxyd.)
Anilin und Toluidin 168. (Benzol, Nitrobenzol, Anilin, Toluol, Nitrotoluol, Toluidin, Fuchsin, Anilinfarben.)
Natürliche Alkaloide 171.

Dritte Gruppe: (Kohlenhydrate.)

Stärkearten 174. (Amylum, Arrow-root, Sago, Inulin, Moosstärke.)
Gummi, Stärkegummi, Pflanzenschleim und Pectin 175.
Zucker 177. (Rohrzucker, — Gerstenzucker, Caramel — Traubenzucker — Malz, Diastase — Invertzucker, Schleimzucker — Milchzucker.)
Pflanzenfaser 180. (Cellulose, Pergamentpapier, Schießbaumwolle.)

Zersetzungsproducte der Kohlenhydrate.

Alkohole 181. (Aethylalkohol, Weingeist, Gährung, Wein, Hefe, Branntewein und Bier, Methylalkohol, Amylalkohol.)

Aetherarten 185. (Aethyläther, Methyläther, Amyläther.)
Essigsäure, Ameisensäure und Valeriansäure 187. (Weinessig, Grünspahn, Schweinfurter Grün, Bleizucker, Bleiessig, Holzessig.)
Milchsäure 190.

Vierte Gruppe: (Pflanzensäuren.)

Weinsteinsäure, Traubensäure, Citronensäure rc. rc. 191.
Gerbsäuren 193. (Tannin, Lohe, Knoppern, Dividivi, Sumach, Katechu.)

Fünfte Gruppe: (Aetherische Oele, Harze u. Pflanzenfarbstoffe.)

Flüchtige Oele 195. (Flüchtige Oele in den Pflanzen, Petroleumarten, Photogen, Solaröl, Paraffin.)
Harze 198. (Vegetabilische Harze, Siegellack, Balsame, Firnisse, Bernstein, Asphalt, Kautschuk, Gutta-Percha.)
Farbstoffe 201. (Chlorophyll, rothe und gelbe Farbstoffe, Indigo, Lackmus.)
Stoffwechsel in der organischen Natur 204.
Verbrennung organischer Körper 206.

Anhang.

Die wichtigsten Gesetze der Stöchiometrie.

Gesetze über die Gewichtsverhältnisse, in denen die Elemente sich verbinden 208.
Atomgewichte der Elemente 209.
Stöchiometrische Formeln 210.
Formeln der wichtigsten Sauerstoff-, Schwefel- und Chlorverbindungen 211.
Sättigungscapacität der Säuren 212.
Formeln wichtiger Salze 213 u. 214.
Schemata über chemische Processe 214.
Formeln organischer Verbindungen 215.
Verwandlung von Gewichtsgrößen in Volumgrößen 216.
Specifische Gewichte der Gase 217.
Ein- und zweivolumige Gase 218.
Berechnung der Dampfdichte zusammengesetzter Gase 219.
Condensation bei der Verbindung der Gase 220.
Dampfdichte des Kohlenstoffs 221.
Gesetz der Verdichtung auf 4 Volumina 222.

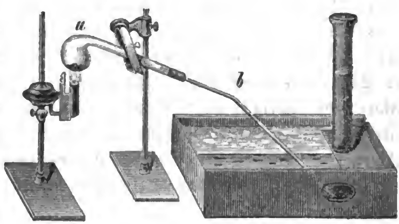
Einleitung.

§. 1.

Chemische Verbindung an Beispielen erläutert.

Zur Erläuterung des Begriffes der chemischen Verbindung ist eine Substanz, die den Namen Silberoxyd hat, besonders geeignet. Von der Art und Weise, wie dieselbe entsteht, wird später die Rede sein; sie bildet einen festen, pulverförmigen, braunschwarzen, glanzlosen Körper. Bringt man von demselben eine gewogene Quantität, etwa 10 Gramm, in eine Glasretorte a, Fig. 1, welche mit einem Gasleitungsrohre b verbunden ist, und erwärmt man die Retorte durch die Flamme einer Spiritus- oder Gaslampe, so wird die Luft, welche sich in der Retorte befindet, ausgedehnt und entweicht zum Theil in einzelnen Blasen aus dem von Wasser bedeckten Ende des Gasleitungsrohres. Diese Blasen zeigen sich aber bald in solcher Menge, daß sie zusammen bei weitem mehr betragen müssen, als alle in der Retorte und dem Gasleitungsrohre befindliche Luft; es muß also in der Retorte,

Fig. 1.



und natürlich aus dem Silberoxyd, eine neue Quantität Luft entstehen. Zugleich verwandelt sich das Silberoxyd in eine weiße Masse, welche, wenn man sie in einem Porcellanmörser reibt, Metallglanz annimmt, so daß man deutlich sieht, dieselbe ist nichts Anderes als das bekannte Metall Silber. Sobald die Gasblasen reichlicher zu erscheinen beginnen, setze man den mit Wasser erfüllten Glascylinder über das Loch in der Brücke der Wasserwanne und lasse durch letzteres den kurzen, geraden Schenkel des Gasleitungsrohres hindurchtreten. Alsbald wird die ausströmende Luftart sich in dem Cylinder ansammeln. Wenn das Aufsteigen der Gasblasen aufhört, entferne man den mit Gas erfüllten Cylinder von dem Gasleitungsrohre und hebe letzteres aus dem Wasser heraus. War der angewandte Glascylinder so klein, daß er sich schon lange vorher mit Luft anfüllte, so kann man noch einen zweiten und dritten rc. an seine Stelle treten lassen.

Das erhaltene Gas unterscheidet sich äußerlich nicht von der atmosphärischen Luft; es ist geschmack-, geruch- und farblos wie diese.

Hebt man einen der damit erfüllten Cylinder aus dem Wasser, dreht ihn um und führt man darauf rasch einen nur glimmenden Holzspahn oder ein glimmendes Streifchen Feuerschwamm in denselben, so brechen beide Körper plötzlich in helle Flammen aus. Die Gasart befördert also das Verbrennen weit energischer als die atmosphärische Luft, sie muß daher von ihr doch wesentlich verschieden sein. Man nennt sie Sauerstoff.

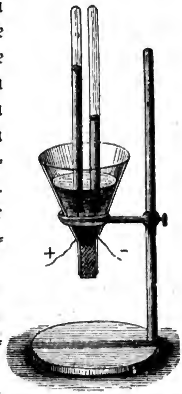
Fängt man bei diesem Versuche allen Sauerstoff in einer eingetheilten Glocke auf, so beobachtet man, daß seine Menge 479 Cubikcentimeter beträgt, welche, wie die Physik lehrt, ungefähr 0,69 Gramm wiegen. Das in der Retorte erhaltene Silber wiegt dagegen 9,31 Gramm.

Aus dem Silberoxyd sind bei diesem Versuche durch die Wärme der Spirituslampe Silber und Sauerstoff entstanden, also zwei Körper, welche in allen ihren Eigenschaften von einander und von dem Silberoxyd durchaus verschieden sind. Beide bildeten zusammen das Silberoxyd; von den 10 Gramm desselben waren nur 9,31 Gramm Silber, die übrigen 0,69 Gramm Sauerstoff; allein die beiden letzteren waren auf keine Weise in dem Silberoxyd vor ihrer Trennung wahrzunehmen. — Man nennt diese Verbindung zwischen Silber und Sauerstoff eine chemische, und das Silberoxyd einen chemisch zusammengesetzten Körper.

So oft es gelingt, einen Körper, wie hier das Silberoxyd, in andere zu zerlegen, welche zusammen genau so viel wiegen, wie der angewandte Körper, ist man zu dem

Schlusse berechtigt, daß derselbe jene, und nur jene, als Bestandtheile enthalten habe. Einen solchen Versuch nennt man eine **quantitative chemische Analyse**.

Fig. 2.



Wasser. Füllt man das Glasgefäß, Fig. 2, durch dessen Wandung zwei an ihrem oberen Ende mit Platten versehene Platindrähte hindurchgeführt sind, so wie die beiden Glascylinderchen mit Wasser, stülpt man letztere über die Drähte um und verbindet man dann den einen Draht mit dem positiven, den anderen mit dem negativen Pole einer galvanischen Batterie, so sammelt sich in jedem der Cylinder Gas an, aber in dem, in welches der negative Pol hineinragt, doppelt so viel als in dem anderen *). Die Platinplatten werden durchaus nicht verändert, aber es verschwindet etwas Wasser, wenn gleich eine kaum wägbare und kaum meßbare Menge.

Das Gas, welches sich in dem über dem positiven Pol stehenden Cylinder befindet, giebt sich durch sein Verhalten gegen einen glimmenden Holzspahn als Sauerstoff zu erkennen.

Das Gas in dem anderen Cylinder ist ebenfalls farb-, geruch- und geschmacklos. Nähert man aber der Oeffnung dieses Cylinders, nachdem er sich mit Gas gefüllt hat, einen brennenden Körper, so schlägt daraus eine schwach leuchtende, bläuliche Flamme hervor. Das Gas selbst ist also brennbar und weicht in seinen Eigenschaften daher sowohl von der atmosphärischen Luft wie vom Sauerstoff wesentlich ab, obgleich es äußerlich beiden ganz gleicht. Man nennt dasselbe Wasserstoff. (Es ist der leichteste aller Körper, 0,069 mal so leicht als atmosphärische Luft, und wird daher öfter zum Füllen von Luftballons gebraucht.)

Füllt man die beiden bei diesem Versuche erhaltenen Gase über Quecksilber in eine am einen Ende zugeschmolzene Glasröhre, durch welche ein feiner Platindraht hindurchgeht, und bringt man letzteren durch einen hindurchgeleiteten galvanischen Strom zum Glühen, so verschwinden plötzlich beide Gase unter Feuererscheinung vollständig, und das Quecksilber steigt in der Röhre in die Höhe.

*) Der Proceß geht in reinem Wasser äußerst langsam vor sich, rascher jedoch, wenn man mit dem Wasser vorher etwas Vitriolöl mischt, ohne daß er sonst irgend wie dadurch verändert wird.

Zugleich beschlägt die innere Wand des Glases mit einem kaum sichtbaren Hauche von Wasserbläschen.

Bei dem ersten der nun beschriebenen Versuche zerlegte der durch das Wasser hindurchgehende galvanische Strom dasselbe in Wasserstoff und Sauerstoff, und bei dem zweiten wurde umgekehrt Wasser aus den beiden Luftarten gebildet. Wasserstoff und Sauerstoff in chemischer Vereinigung bilden also Wasser, einen Körper, der in allen Eigenschaften von seinen Bestandtheilen vollständig verschieden ist.

So oft wir aus einem Stoff zwei oder mehrere andere darstellen, d. h. ihn **qualitativ analysiren**, und ihn umgekehrt aus den letzteren wieder erzeugen, d. h. durch Synthesis bilden können, nehmen wir an, daß jener aus diesen zusammengesetzt sei.

Wird **Zucker** auf einem Metallblech (auf einer Ofenplatte oder in einer Platinschale) erhitzt, so schmilzt er, bei weiterem Erhitzen entweichen aus ihm weiße, übelriechende Dämpfe und er verwandelt sich endlich, wenn diese Dampfbildung aufhört, in einen schwarzen, festen Körper, Kohle.

Die Substanz der weißen Dämpfe bildete mit der Kohle in chemischer Vereinigung den Zucker.

Phosphorsalz ist ein weißer, krystallinischer, fester Körper. Wird eine Quantität desselben in einer Retorte erhitzt, an welcher sich eine abgekühlte Vorlage befindet, so schmilzt er zuerst, kommt dann ins Sieden und in der Vorlage zeigt sich bald eine Flüssigkeit, welche nach und nach in demselben Maße zunimmt, wie sich die in der Retorte vermindert.

Zuletzt bleibt in der Retorte ein weißer, fester, nicht krystallinischer Körper zurück, der den Namen phosphorsaures Natron hat.

Die farblose Flüssigkeit in der Vorlage besitzt einen eigenthümlichen, stechenden Geruch; wird ein mit dem gelben Farbstoff der Curcumawurzel gefärbtes Papierchen in sie getaucht, so verwandelt sich die Farbe desselben in Braun. — Die Flüssigkeit heißt Salmiakgeist.

Auch in diesem Falle werden aus dem Phosphorsalz zwei neue, gänzlich von ihm verschiedene Körper dargestellt, welche dasselbe in chemischer Verbindung bilden, aber äußerlich ihre Gegenwart in ihm durch nichts vermuthen lassen.

Chemische Verbindung und Verwandtschaft. Man sagt überhaupt: zwei oder mehrere Körper gehen eine chemische Verbindung ein, wenn sie zusammen einen dritten bilden, welcher in seinen Eigenschaften von jedem der Bestandtheile wesentlich abweicht, und an welchem man durch die Sinne nicht wahrnehmen kann, daß er jene Bestandtheile ent-

hält. Die Ursache, durch welche die Verbindung zu Stande kommt, das Streben der Körper, sich chemisch zu vereinigen, nennt man ihre chemische Verwandtschaft oder Affinität.

Anmerkung. Mischt man pulverisirten Schwefel (sogen. Schwefelblumen) mit Eisenfeilspähnen noch so innig, so wird man in der Masse immer, wenigstens durch ein Vergrößerungsglas, die Schwefeltheilchen von den Eisentheilchen getrennt liegen sehen können; Schwefel und Eisen bilden dann ein mechanisches Gemenge. Erhitzt man aber das Gemenge, so verwandelt es sich in einen zusammengeschmolzenen, grauschwarzen Körper, in dessen kleinsten Theilchen die stärkste Vergrößerung keine gesonderte Schwefel- und Eisentheilchen sichtbar macht, und der demnach eine chemische Verbindung von Schwefel und Eisen ist. — Von chemischer Verbindung zweier oder mehrerer Körper ist die mechanische Mengung derselben wohl zu unterscheiden, d. h. diejenige Vereinigung derselben, in welcher jeder einzelne äußerlich unverändert durch die Sinne wahrgenommen werden kann.

§. 2.

Begriff der Chemie.

Die Lehre von der Zusammensetzung der Körper und von den Gesetzen, nach welchen sich die Körper mit einander verbinden, oder aus Verbindungen austreten, bezeichnet man mit dem aus dem Arabischen stammenden Namen Chemie.

Diese Wissenschaft zerfällt in zwei Theile, in die anorganische und die organische Chemie, von denen die erstere die Körper der anorganischen, die letztere die der organischen Natur zum Gegenstande hat. Außer auf die uns von der Natur gelieferten Körper richtet die Chemie ihr Augenmerk jedoch auch auf alle Producte, welche Gewerbe und Künste daraus zu erzeugen vermögen. Eisenerze und Eisen; — Weizen und Stärke.

§. 3.

Elemente.

Wir können die zusammengesetzten Körper Silberoxyd, Zucker, Phosphorsalz und Wasser, die ersteren durch Wärme, das letzte durch Elektricität, wie beschrieben, in neue Körper zerlegen. Wollten wir aber versuchen, die so erhaltenen neuen Körper wiederum zu zerlegen, so würde das, freilich durch andere Mittel, wohl mit dem phosphorsauren Natron, dem Salmiakgeist und den weißen Dämpfen aus dem Zucker, niemals aber mit dem Sauerstoff, dem Wasserstoff, der Kohle und dem Silber gelingen. Diese letzteren nennen wir daher chemisch einfache Körper oder Elemente, indem wir aber mit diesem Namen nichts Anderes bezeichnen wollen, als daß diese Körper bis jetzt nicht in weitere Theile chemisch zerlegt werden konnten.

Die Zerlegung des phosphorsauren Natrons, des Salmiakgeistes ꝛc. ist von so vielen Schwierigkeiten begleitet, daß sie an diesem Orte noch nicht ausführlich abgehandelt werden kann; wir können aber eben daraus schließen, daß die Kraft, mit welcher die einzelnen Bestandtheile in ihnen vereinigt sind, größer ist, als die, welche z. B. Silber und Sauerstoff im Silberoxyd zusammenhält.

§. 4.

Die meisten Naturkörper und die meisten daraus in den Gewerben zum Gebrauch der Menschen dargestellten Körper sind zusammengesetzte, sowohl die meisten anorganischen, z. B. Sand, Thon, die größte Anzahl der Mineralien, die Vitriole, Glas, Wasser, Vitriolöl, Scheidewasser, Soda ꝛc. ꝛc., als auch alle organischen z. B. Holz, Torf, Theer, Fleisch, Fett, Oel, Haare, Wolle, Horn, Zucker, Stärke, Papier, Pflanzensäfte, Wein, Spiritus ꝛc. ꝛc.*).

Es kommen aber auch Elemente in der Natur vor, z. B. Schwefel, Diamant, Gold, Silber, Quecksilber, und es werden durch die Industrie aus zusammengesetzten Stoffen manche einfache gewonnen, um im Leben benutzt zu werden, z. B. die Metalle.

Beispiele mechanischer Gemenge sind: Granit, Basalt, Sandstein, die Erdarten u. s. w., die atmosphärische Luft, — Mörtel.

---

*) Feuer ist kein eigenthümlicher Körper, sondern eine Lichterscheinung, welche die verschiedensten Körper erzeugen können.

Anorganische Chemie.

Anorganische Chemie.

§. 5.

Metalle und Metalloide.

Wenn wir die schon erwähnten einfachen Körper Sauerstoff, Kohle, Schwefel, Eisen, Kupfer und Silber ihren äußeren Eigenschaften nach vergleichen, so lassen sich dieselben in zwei Classen theilen. Die drei letzteren nämlich sind in Quantitäten, welche gleich große Räume ausfüllen, viel schwerer, als die drei ersteren, d. h. sie haben ein größeres specifisches Gewicht; sie haben ferner Glanz, der den ersteren fehlt, und sind Leiter der Wärme und Elektricität, was jene nicht sind. In diese beiden Classen lassen sich alle einfachen Körper unterbringen, in die der **Metalle** und die der **Metalloide***), wie man die den drei erstgenannten ähnlichen Körper zu nennen pflegt. Wir wollen jedoch gleich hier bemerken, daß es auch Metalle giebt, welche specifisch leichter sind, als manche Metalloide, während einzelne der letzteren Glanz besitzen, und andere Wärme und Elektricität ebenso gut leiten wie die Metalle, so daß sich ein scharfer Unterschied der beiden Classen in äußeren Merkmalen nicht auffinden läßt.

§. 6.

Metalloide sind:

1) Sauerstoff.
2) Wasserstoff.
3) Stickstoff.
4) Schwefel.
5) Selen.
6) Tellur.
7) Phosphor.
8) Arsenik.
9) Antimon.
10) Kohle.
11) Chlor.
12) Jod.
13) Brom.
14) Fluor.
15) Bor.
16) Silicium.

§. 7.

Metalle sind:

1) Kalium.
2) Natrium.
3) Lithium.
4) Caesium.
5) Rubidium.
6) Calcium.

*) Dieser Name ist gebildet aus μέταλλον, Metall und den Anhängsylben ειδης, welche Aehnlichkeit bezeichnen, obwohl die Elemente, für welche er gebraucht wird, mit den Metallen keine andere Aehnlichkeit haben, als daß eben beide Körperclassen Elemente sind.

7) Strontium.	21) Kobalt.	35) Gold.
8) Baryum.	22) Nickel.	36) Platina.
9) Magnesium.	23) Cerium.	37) Palladium.
10) Lanthanium.	24) Uran.	38) Osmium.
11) Didymium.	25) Zink.	39) Rhodium.
12) Aluminium.	26) Cadmium.	40) Iridium.
13) Beryllium.	27) Indium.	41) Ruthenium.
14) Yttrium.	28) Zinn.	42) Titan.
15) Erbium.	29) Blei.	43) Tantal.
16) Terbium. (?)	30) Thallium.	44) Niobium.
17) Zirkonium.	31) Wismuth.	45) Wolfram.
18) Thorium.	32) Kupfer.	46) Molybdän.
19) Eisen.	33) Quecksilber.	47) Vanadium.
20) Mangan.	34) Silber.	48) Chrom.

Wir kennen also 64 Elemente.

Metalloide.

§. 8.

Sauerstoff.

Säuren. Läßt man in einem kleinen, am einen Ende verschlossenen, mit Quecksilber gefüllten und unter Quecksilber umgekehrten Glascylinder ein Stück Phosphor in die Höhe steigen, bringt man letzteres dadurch zum Schmelzen, daß man ihm einen heißen Körper nähert, ohne das Glas zu berühren, und läßt man endlich Sauerstoff langsam in einzelnen Bläschen in den Cylinder eintreten, so verschwindet jede Blase, sobald sie zum Phosphor gelangt, mit einer lebhaften Feuererscheinung gänzlich. Aber auch die Menge des Phosphors vermindert sich immer mehr, und zuletzt bleibt nur eine weiße, schneeartige Masse an seiner Stelle. Diese muß sowohl den Phosphor als den zugeführten Sauerstoff enthalten und eine chemische Verbindung beider sein. Bringt man Wasser zu dem weißen Körper, so löst er sich darin auf zu einer sehr sauer schmeckenden Flüssigkeit, welche ein hineingetauchtes, durch Lackmuslösung (d. h. die Auflösung eines aus

gewissen Flechten dargestellten Farbstoffes) blau gefärbtes Papierchen stark röthet. Der weiße Körper heißt eben seines Geschmackes wegen **Phosphorsäure**.

Erhitzt man die Auflösung der Phosphorsäure, so verdampft Wasser aus derselben, und steigert man dabei zuletzt die Temperatur in hinreichender Weise, so bleibt eine geschmolzene, beim Erkalten glasartig erstarrende Masse zurück, welche ein größeres Gewicht als die angewandte Phosphorsäure besitzt, also — da beim Erhitzen weder Wasserstoff noch Sauerstoff entweicht — noch unzersetztes Wasser enthalten muß. Letzteres Wasser läßt sich durch Wärme nicht wieder von der Phosphorsäure trennen, in noch höherer Temperatur verdampft die geschmolzene Verbindung unzersetzt, dieselbe ist demnach eine chemische Verbindung von Phosphorsäure mit Wasser — **Phosphorsäurehydrat***) — Die wasserfreie Phosphorsäure nennt man auch wohl **Phosphorsäureanhydrid**.

In ähnlicher Weise wie mit Phosphor läßt sich der Sauerstoff auch mit anderen Elementen verbinden.

Bringt man z. B. reinen Kohlenstoff in eine an beiden Enden offene Glasröhre, welche zur Aufnahme des Kohlenstoffs in der Mitte zu einer Kugel erweitert worden ist, leitet man Sauerstoff durch die Röhre und erhitzt man sodann den Kohlenstoff, so entsteht eine lebhafte Feuererscheinung und aller Kohlenstoff verschwindet aus der Röhre. Sammelt man dabei das aus letzterer heraustretende Gas über Wasser auf, so erscheint es zwar äußerlich nicht vom Sauerstoff verschieden, allein, da ein mit Flamme brennender Holzspahn in dem Gase sofort erlischt, falls der über die Kohle bei dem Versuche hinziehende Strom von Sauerstoff richtig regulirt war**), so kann es kein Sauerstoff mehr sein, es muß vielmehr, wie aus Allem hervorgeht, außer letzterem noch den angewandten Kohlenstoff, und zwar in chemischer Verbindung mit dem Sauerstoff, enthalten. Das Gas hat einen säuerlichen Geruch und Geschmack — **Kohlensäure** — (fixe Luft) und röthet feuchtes Lackmuspapier. — Ein Hydrat der Kohlensäure kennt man nicht.

Vitriolöl und Scheidewasser sind Hydrate von Säuren, ersteres, **Schwefelsäurehydrat**, enthält außer Wasser eine aus Schwefel und Sauerstoff, letzteres, **Salpetersäurehydrat**, eine aus Stickstoff und

*) ὕδωρ, Wasser.

**) Geht der Strom zu rasch, so enthält die aufgesammelte Kohlensäure überschüssigen Sauerstoff beigemengt, geht er zu langsam, so bildet sich außer Kohlensäure eine zweite gasförmige Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff, welche weiter unten ausführlicher besprochen werden soll.

Sauerstoff bestehende Säure; sie sind flüssig, schmecken, mit Wasser verdünnt, ebenfalls sauer und röthen Lackmuspapier. (Saure Reaction.)

Alle Körper, welche die beiden zuletzt erwähnten Eigenschaften haben, faßt man unter dem gemeinschaftlichen Classennamen Säuren zusammen.

Die aufgezählten Beispiele zeigen, daß Säuren in allen drei Aggregatzuständen existiren können. Nicht alle Elemente erzeugen jedoch bei ihrer Vereinigung mit Sauerstoff Säuren.

Metalloxyde. Erhitzt man eine gewogene Menge metallisches Kupfer in einem Glasrohre, durch welches gleichzeitig Sauerstoff geleitet wird, so verwandelt sich das Metall in ein schwarzes Pulver, Kupferoxyd, und nimmt dabei an Gewicht bedeutend zu. Es entsteht also auch hierbei eine Verbindung von Sauerstoff und Kupfer.

Auf ähnliche Weise lassen sich folgende Körper erzeugen:

Kaliumoxyd aus Kalium und Sauerstoff;

Natriumoxyd aus Natrium und Sauerstoff;

Calciumoxyd (Kalkerde oder gebrannter Kalk) aus Calcium und Sauerstoff;

Barytumoxyd (Baryterde) aus Barytum und Sauerstoff — alle vier weiße Körper; —

Eisenoxyd (Caput mortuum) aus Eisen und Sauerstoff — roth;

Bleioxyd aus Blei und Sauerstoff — gelb;

Quecksilberoxyd aus Quecksilber und Sauerstoff — roth.

Diese sind alle feste Körper und haben keine der Eigenschaften der Säuren. Einige von ihnen, z. B. Kalium- und Natriumoxyd, sind in Wasser leicht, Kalk- und Baryterde schwieriger löslich, die übrigen aber ganz unlöslich. Sie schmecken nicht sauer, sondern die in Wasser unauflöslichen haben gar keinen, die auflöslichen dagegen einen laugenhaften, alkalischen Geschmack, die ersteren wirken gar nicht auf Pflanzenfarben, die letzteren stellen die ursprüngliche blaue Farbe des durch Säuren gerötheten Lackmuspapiers wieder her und ändern manche andere Pflanzenfarben, verwandeln z. B. Gelb (Curcumapapier) in Rothbraun. (Alkalische Reaction.)

Diese Körper, welche sich also wesentlich von den Säuren unterscheiden, nennt man Metalloxyde. Aus den Auflösungen des Kaliumoxyds und des Natriumoxyds läßt sich durch Erhitzen das Wasser austreiben bis auf einen Theil, welcher mit den Oxyden in chemischer Verbindung bleibt, — Kaliumoxydhydrat (Kali, Aetzkali) und Natriumoxydhydrat (Natron, Aetznatron). — Die meisten übrigen der oben genannten Metall-

oxyde können sich ebenfalls mit Wasser chemisch verbinden. Von den einzelnen dadurch entstehenden Hydraten wird weiter unten die Rede sein.

Oxyd heißt im Allgemeinen jede Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff.*) Einen Körper oxydiren heißt ihn mit Sauerstoff chemisch verbinden, und ein Oxyd desoxydiren oder reduciren heißt den mit Sauerstoff verbundenen Körper daraus darstellen. — Oxydation, Desoxydation, Reduction.

Zu manchen Metallen, z. B. Silber, Gold und Platina, hat der Sauerstoff eine so geringe Verwandtschaft, daß sie sich beim Erhitzen damit nicht oxydiren.

§. 9.

Unterschied zwischen Metallen und Metalloiden. In den in §. 8 erwähnten Säuren sind die Radicale, d. h. die mit Sauerstoff verbundenen Körper, Metalloide, in den Metalloxyden dagegen Metalle, und in der That, ist das der wesentlichere Unterschied zwischen beiden Körpergruppen, daß jene mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren, diese dagegen Oxyde bilden, welche in ihren wesentlichen Eigenschaften so entschieden von den Säuren abweichen. Aber auch dieser Unterscheidungsgrund ist nicht absolut sicher, indem sowohl einzelne Metalloide den Metalloxyden ähnliche Körper, wie auch viele Metalle Säuren durch ihre Oxydation zu erzeugen vermögen.

§. 10.

Salze. Wenn man auf Stücke von Kalkerde wenig Wasser bringt, so verschlucken sie dasselbe unter starker Erwärmung und unter Bildung von Calciumoxydhydrat, welches seiner brennenden, zerfressenden Eigenschaften wegen den Namen Aetzkalk (§. 8) besitzt. — Uebergießt man letzteres mit verdünntem Scheidewasser, so zeigt sich kein Aufbrausen. Bringt man eine Quantität desselben in Form sehr kleiner Stückchen, oder in Pulverform in ein weites Glasrohr und leitet man sodann Kohlensäure in der Weise darüber, daß man sie vor ihrem Eintritt in das Rohr und nach ihrem Austritt aus demselben durch Wasser streichen läßt, so beobachtet man, wenn der Kohlensäurestrom nicht zu rasch geht, daß weit weniger Kohlensäure das Rohr wieder verläßt als eingetreten war. Dabei zeigt sich eine starke Erhitzung und eine Abscheidung von Wasser Die Kohlensäure treibt hierbei also Wasser aus dem Aetzkalk aus und vereinigt

*) Dieser Name wird in zusammengesetzten Wörtern vorzugsweise zur Bezeichnung von Metalloxyden gebraucht, z. B. Kaliumoxyd 2c. Niemals aber nennt man z. B. die Schwefelsäure etwa Schwefeloxyd, während man sie nach obiger Erklärung vollkommen richtig ein Oxyd des Schwefels nennen kann.

sich mit der Kalkerde. Der dadurch neu entstandene, aus Kohlensäure und Kalkerde bestehende, Körper hat nun nach Vollendung des Processes ganz andere Eigenschaften als die Kohlensäure und als das Calciumoxyd. Wenn er mit Wasser in Berührung kommt, verschluckt er es weder, noch erwärmt er sich damit; er löst sich nicht in Wasser; er schmeckt weder sauer noch laugenhaft und wirkt nicht auf Pflanzenfarben ein; beim Uebergießen mit Scheidewasser dagegen zeigt er ein lebhaftes Aufbrausen. Das Calciumoxyd ist also in einer chemischen Verbindung mit der Kohlensäure. — Davon, daß diese beiden Substanzen in dem neu erhaltenen Körper unverändert vorhanden sind, kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen. Legt man nämlich die ganze Menge dieser Verbindung in ein Porcellanrohr, welches am einen Ende durch einen Stopfen luftdicht verschlossen ist und am anderen ein Gasleitungsrohr trägt, und umgiebt man das Rohr in einem Ofen mit glühenden Kohlen, so überzeugt man sich durch Eintauchen des Gasleitungsrohres in Wasser leicht, daß eine Gasart ausströmt. Diese hat alle Eigenschaften der Kohlensäure. Die völlige Austreibung der Kohlensäure aus der Verbindung, ist durch Glühhitze allein schwer auszuführen, sie gelingt dagegen leicht, wenn man gleichzeitig Luft durch das Rohr leitet. Entfernt man, wenn in dieser Weise die Austreibung der Kohlensäure vollendet ist, den Stopfen und das Gasleitungsrohr von dem Porcellanrohr und entleert man es nach dem Erkalten, so hat der erhaltene Körper wieder das nämliche Gewicht und dieselben Eigenschaften, welche er als Kalkerde besaß.

Jede Säure kann sich fast mit jedem Metalloxyd chemisch vereinigen; den dadurch entstehenden neuen Körper nennt man ein Salz und das darin enthaltene Metalloxyd die Basis des Salzes. Letzteren Namen giebt man auch Oxyden, welche noch nicht Bestandtheile von Salzen bilden, aber die Fähigkeit haben, sich mit Säuren zu vereinigen. In sehr vielen Fällen muß die Vereinigung übrigens auf andere Weise, als die für Kohlensäure und Kalkerde beschriebene, bewerkstelligt werden, fast immer aber muß dazu wenigstens eine der beiden Sauerstoffverbindungen im Hydratzustande vorhanden sein, wasserfreie Sauerstoffverbindungen wirken nur in sehr seltenen Fällen auf einander ein.

Da es nun Körper giebt, wie z. B. Kieselerde (Quarz, aus Silicium und Sauerstoff bestehend), welche weder sauer schmecken, noch Lackmuspapier röthen, doch aber mit Basen Salze zu erzeugen vermögen, gleich wie viele Basen, welche ebenfalls ohne Geschmack sind und Curcumapapier nicht bräunen, mit Säuren zu Salzen zusammentreten können, so gilt die Fähigkeit der Säuren und Basen, sich chemisch mit ein-

ander zu **Salzen** zu verbinden, als alleinig sicheres chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen beiden Körpergruppen.

Den wissenschaftlichen Namen eines Salzes bildet man aus den Namen seiner beiden Bestandtheile; so heißt jenes aus Kohlensäure und Calciumoxyd bestehende Salz kohlensaures Calciumoxyd. Viele Salze, besonders diejenigen, welche den Menschen früher bekannt waren, ehe die Wissenschaft solche Namen bildete, haben auch noch sogenannte Trivialnamen. So kommt das kohlensaure Calciumoxyd häufig in der Natur vor und wurde lange, ehe die Chemie eine Wissenschaft war, Kalkstein und in anderer Form Kreide genannt.

Andere solche Salze sind: salpetersaures Kaliumoxyd oder salpetersaures Kali (Salpeter), salpetersaures Natriumoxyd oder salpetersaures Natron (Natronsalpeter), schwefelsaures Natron (Glaubersalz), schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol), phosphorsaures Bleioxyd u. s. w.

§. 11.

Verschiedene Oxydationsstufen der Metalloide. Schweflige Säure ist eine Gasart, welche durchdringend stechend, wie verbrennender Schwefel riecht, blaues Lackmuspapier zuerst röthet und darauf, wie auch manche andere gefärbte Stoffe, bleicht. Sie ist auch eine Verbindung von Schwefel und Sauerstoff, so gut wie Schwefelsäure, von der sie doch sonst ganz verschieden ist. Die Ursache dieser abweichenden Eigenschaften liegt darin, daß in der Schwefelsäure mit gleich viel Schwefel eine andere (größere) Menge Sauerstoff verbunden ist, als in der schwefligen Säure. Die Schwefelsäure, sagt man daher, sei eine höhere Oxydationsstufe des Schwefels als die schweflige Säure.

So haben die meisten Metalloide mehrere Oxydationsstufen, aber nicht immer sind dieselben alle Säuren. Kohlenoxydgas und Kohlensäure sind beide Verbindungen von Kohle mit Sauerstoff, aber nur die letztere ist eine Säure, während das erstere sich durchaus nicht mit Basen zu vereinigen vermag. In der Regel sind die höheren Oxydationsstufen der Metalloide Säuren, so enthält die Kohlensäure auf eine gleiche Menge Kohle doppelt so viel Sauerstoff als das Kohlenoxydgas.

§. 12.

Verschiedene Oxydationsstufen der Metalle. Es giebt Metalle, welche nur eine Oxydationsstufe haben, die dann meistens basischer Natur ist und Oxyd heißt (Zinkoxyd); die meisten Metalle haben aber mehrere Oxydationsstufen. Bisweilen sind diese alle Basen, d. h. sie können sich

alle mit Säuren verbinden. Sind deren zwei vorhanden, ein Fall, der sehr häufig vorkommt, so nennt man die höhere Oxyd und die niedere Oxydul (Quecksilberoxyd und Quecksilberoxydul; ersteres enthält auf gleich viel Quecksilber doppelt so viel Sauerstoff als letzteres). Hat ein Metall drei basische Oxydationsstufen, wie z. B. das Zinn, so heißt die niedrigste Oxydul, die darauf folgende Sesquioxyd und die höchste Oxyd (das Zinnsesquioxyd hat anderthalbmal, das Oxyd zweimal so viel Sauerstoff auf gleich viel Zinn als das Oxydul). Oxyd und Oxydul einiger Metalle (z. B. des Eisens) verbinden sich chemisch zusammen zu Oxydoxydulen, welche nicht basisch sind.

Manche Metalle bilden neben Oxyden oder Oxydulen auch noch Sauerstoffverbindungen, welche weder Salzbasen noch Säuren (sogenannte indifferente Oxyde) sind. Enthält eine solche weniger Sauerstoff als die niedrigste basische, so heißt sie Suboxyd; enthält sie mehr als die höchste basische, so bezeichnet man sie, falls nur eine solche vorhanden ist, mit dem Namen Superoxyd, Hyperoxyd, Ueberoxyd, im Falle aber zwei existiren, die niedrigere mit Superoxydul und die höhere mit Superoxyd. Das Natrium z. B. hat nur ein einziges basisches Oxyd, welches wir schon §. 8 erwähnten, aber es existirt ein Natriumsuboxyd und ein Natriumsuperoxyd, von denen das letztere zweimal so viel Sauerstoff auf gleich viel Metall enthält als das Oxyd (die Zusammensetzung des Natriumsuboxyds ist nicht genau bekannt). Das Mangan hat ein Oxydul, ein Oxyd und ein Superoxyd (Braunstein), von denen das letztere doppelt so viel Sauerstoff als das Oxydul und $^4/_3$ mal so viel als das Oxyd auf gleiche Mengen Mangan enthält. Vom Blei sind drei indifferente Oxydationsstufen bekannt, das schwarze Suboxyd, welches halb soviel, das rothe Superoxydul (Mennige), welches $^4/_3$ mal, und das braune Superoxyd, welches doppelt so viel Sauerstoff auf gleich viel Blei enthält als das gelbe basische Oxyd.

Endlich giebt es sogar Verbindungen von Metallen mit Sauerstoff, welche wirkliche Säuren sind, und diese enthalten dann noch mehr Sauerstoff als die Superoxyde. Das Mangan bildet z. B. zwei Säuren, die Mangansäure mit dreimal und die Uebermangansäure mit $3\,^1/_2$ mal so viel Sauerstoff als im Oxydul auf gleich viel Metall vorhanden ist.

Der Uebersichtlichkeit wegen stellen wir die verschiedenen Arten von Oxydationsstufen, welche bei Metallen vorkommen können, im Nachstehenden tabellarisch zusammen:

	Basische Oxyde, d. h. Oxyde, welche sich mit Säuren zu Salzen verbinden können.	Nicht basische Oxyde, d. h. Oxyde, welche sich nicht mit Säuren verbinden können.	
		Indifferente Oxyde, d. h. solche, die sich weder mit Säuren noch mit Basen vereinigen.	Säuren, welche sich mit Basen zu Salzen verbinden können.
1		Suboxyd.	
2	Oxydul.		
3	Sesquioxyd.		
4	Oxyd.		
5		Superoxydul.	
6		Superoxyd.	
7			Säuren.

§. 13.

Verschiedene Beständigkeit der Verbindungen von Sauerstoff mit den Metallen. In §. 1 haben wir gezeigt, daß das Silberoxyd durch Wärme in seine Bestandtheile zerlegt werden kann. Nur wenige basische Metalloxyde zeigen dasselbe Verhalten; Kaliumoxyd, Eisenoxyd, Bleioxyd z. B. halten, ohne verändert zu werden, die stärkste Hitze aus. Nicht so verhält es sich mit den höheren Oxydationsstufen der Metalle. Wird Mangansuperoxyd bis zum Glühen erhitzt, so entweicht Sauerstoff und es verwandelt sich in Manganoxyd, in noch strengerer Hitze läßt dieses noch einen Theil des Sauerstoffs fahren und wird zu Manganoxydoxydul, welches nun aber alle Hitzegrade aushält, ohne weiter Sauerstoff abzugeben, so daß eine vollständige Trennung von Metall und Sauerstoff auf diese Weise nicht erreicht werden kann.

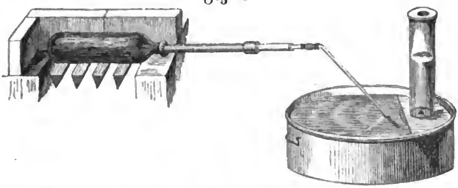
Aehnlich verhalten sich alle Superoxyde. — *In diesen höheren Oxydationsstufen ist also der Sauerstoff bei weitem loser an das Metall gebunden als in den basischen.*

Da das Mangansuperoxyd als Braunstein nicht selten ist, so macht man von dieser Eigenschaft desselben Gebrauch, um sich mit Leichtigkeit größere Mengen von Sauerstoff zu verschaffen.*) Die Erhitzung des

*) Zur Aufsammlung und Aufbewahrung größerer Mengen eines Gases benutzt man zweckmäßig ein Gasometer, wie es Fig. 4 abgebildet ist. Es besteht ein solches aus zwei cylindrischen Gefäßen A und B von Kupfer oder Zink, von denen ersteres oben und unten geschlossen ist, letzteres aber nur einen unteren

Braunsteins geschieht in einem eisernen Gefäße, welches, wie Fig. 3 zeigt, in einem Ofen liegt und darin mit glühenden Kohlen umgeben wird.

Fig. 3.



Wird ein Superoxyd, z. B. Braunstein, mit Schwefelsäurehydrat gekocht, so findet ebenfalls eine lebhafte Gasentwickelung statt. Sammelt man dies Gas auf eine Art, wie es Fig. 5 zeigt, auf, so findet man,

---

Boden hat und oben offen ist. Das Rohr a beginnt in dem Boden des oberen Gefäßes, tritt durch den oberen Boden des unteren in das Innere des letzteren und endigt etwas über dessen unterem Boden. Das Rohr b dagegen verbindet nur den oberen Boden des unteren mit dem Boden des oberen Behälters und ragt noch etwas in das Innere von B hinein. Das Rohr c beginnt in der Wand von A. Jedes der Rohre ist mit einem Hahn versehen. Bei d befindet sich ein ganz kurzes Ansatzrohr, welches ebenfalls nicht in das Innere von A hineinragt und durch einen aufgeschraubten Deckel verschlossen ist. e ist eine Glasröhre, welche bei f in kurze Metallröhren eingekittet ist und an beiden Enden mit dem Inneren des Behälters A communicirt. Das obere Gefäß B ist mittels massiver Stützen auf dem unteren befestigt. Um in diesem Apparat Gas aufzusammeln, muß man ihn erst mit Wasser auf folgende Art füllen. Der Hahn von c und der Deckel bei d werden geschlossen, die Hähne von a und b geöffnet und Wasser in das obere Gefäß gegossen. Dieses läuft durch a in das untere und treibt daraus die Luft durch b fort. Ist A und auch noch ein Theil von B mit Wasser gefüllt, so werden die Hähne von a und b geschlossen und der Deckel von d abgeschraubt. Der Druck der Luft hindert dann das Wasser, aus dem Behälter auszufließen. Wird aber durch d das Ende eines Glasrohres, aus welchem ein Gas ausströmt, bis in das Innere des Behälters A gesteckt, so steigt das Gas in letzterem in die Höhe, sammelt sich unter dem oberen Boden von A an und drückt das Wasser allmälig aus d neben der Gasleitungsröhre heraus. Beobachtet man an dem Glasrohre e, in welchem das Wasser natürlich stets eben so hoch steht wie in A, daß letzteres bis etwa 1 Zoll über die Oeffnung von d gesunken ist, so entfernt man den Gasentwickelungsapparat. Verschließt man d alsdann mit seinem Deckel, so kann man das eingeschlossene

Fig. 4.

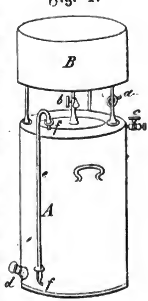
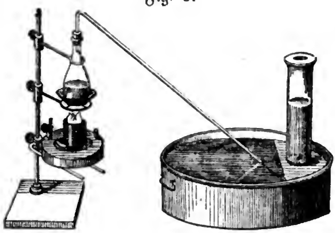


Fig. 5.



daß es Sauerstoff ist. In Berührung mit Schwefelsäurehydrat braucht man also das Superoxyd nicht einmal bis zum Glühen zu erhitzen, wenn es Sauerstoff verlieren soll. In dem Gefäße bleibt eine Verbindung der Schwefelsäure mit einer niederen Sauerstoffverbindung des Mangans zurück. Die letztere muß also ein basisches Oxyd sein. Man erhält bei diesem Versuche aus einer bestimmten Menge Superoxyd mehr Sauerstoff, als wenn man dieselbe Menge Superoxyd glüht, ein Beweis, daß die in Verbindung mit Schwefelsäure zurückbleibende Sauerstoffverbindung des Mangans eine niedrigere als das Manganoxyd ist; sie wird deswegen (und weil nur diese beiden basischen Oxydationsstufen des Mangans existiren) Manganoxydul genannt.

Auch dieses Verhalten des Braunsteins zu Schwefelsäurehydrat benutzt man häufig zur Darstellung des Sauerstoffs.

§. 14.

Verbrennung. Wir haben schon öfter erwähnt, daß der Sauerstoff das Verbrennen der Körper in ausgezeichnetem Grade befördert.

Ganz besonders groß ist der Glanz mit welchem Phosphor, Schwefel, Kalium, Eisen (am besten eine Uhrfeder), Aluminium in dünnen Blättern und Magnesium darin verbrennen. Auch wird dadurch eine große Hitze erzeugt. Es entstehen dabei Phosphorsäure, schweflige Säure, Kaliumoxyd (oder Superoxyd), Eisenoxydoxydul, Aluminium- und Magnesiumoxyd. (§§. 8, 11 und 12.)

Ueberhaupt ist das Verbrennen eines Körpers im Sauerstoff nichts weiter als die Vereinigung desselben mit diesem Gase, welche mit Feuererscheinung und Wärmeentwickelung zu Stande kommt und eine Oxydationsstufe des Körpers entstehen läßt.

Gas beliebig lange aufbewahren. Oeffnet man die Hähne von a und c, nachdem B mit Wasser gefüllt ist, so sinkt das Wasser durch a, sammelt sich unten in A an und treibt das Gas aus c heraus. Durch angesetzte Röhren rc. kann man dann das Gas an einen beliebigen Ort leiten, während man nur darauf zu sehen hat, daß das Wasser in B in demselben Maße nachgefüllt wird, in welchem es in das untere Gefäß abfließt.

§. 15.

Bedeutung des Sauerstoffes für das Leben der Menschen und Thiere. Man hat Thiere in mit reinem Sauerstoff angefüllte Gefäße gesetzt und gefunden, daß sie vier- bis fünfmal so lange darin athmen konnten, als in einer gleich großen Luftmasse, wenn überhaupt die Menge desselben nicht zu groß war. In Stickstoff oder Kohlensäure, überhaupt in jeder Luftart, aus welcher das Thier keinen Sauerstoff entnehmen konnte, starb es sehr bald. Der thierische und so auch der menschliche Körper hat also Sauerstoffgas zu seinem Athmungsproceß nöthig. War aber bei jenen Versuchen die Menge des Sauerstoffs zu groß, so starb das Thier auch sehr bald unter starker Beschleunigung des Athmens und großer Aufregung, und nach seinem Tode zeigte sich die Lunge in einem entzündlichen Zustande. Das längere Einathmen von reinem Sauerstoff wirkt also giftig. Der eingeathmete Sauerstoff wird nur zum Theil wieder ausgeathmet, der übrige geht im Inneren des Körpers mit gewissen Theilen desselben chemische Verbindungen ein.

§. 16.

Vorkommen des Sauerstoffes in der Natur. Angezündeter Phosphor brennt in der atmosphärischen Luft fort. Deckt man über brennenden Phosphor eine Glasglocke, so beschlägt sich dieselbe mit Phosphorsäure.

Der Geruch des in der Luft verbrennenden Schwefels beweist hinlänglich, daß dabei schweflige Säure entsteht.

Kupfer an der Luft erhitzt, bedeckt sich mit schwarzem Kupferoxyd.

Diese Thatsachen, so wie die, daß Menschen und Thiere in der Luft athmen können, beweisen klar, daß die Atmosphäre Sauerstoff enthält.

Weil aber alle jene Verbrennungserscheinungen nicht mit der Lebhaftigkeit wie in reinem Sauerstoffgase vor sich gehen, und weil das Einathmen der Luft, so lange es auch fortgesetzt wird, nicht giftig wirkt, so ist klar, daß die Atmosphäre nicht reiner Sauerstoff sein kann, sondern außer demselben noch eine andere farb-, geruch- und geschmacklose Luftart, welche das Verbrennen nicht befördert und beim Athmungsproceß nicht mitwirkt (Stickstoff, §. 27), enthalten muß.

Der Sauerstoff wird außerdem noch in unendlich vielen anderen Körpern in der Natur angetroffen; so mit unbedeutenden Ausnahmen in allen Pflanzen- und Thierstoffen, so im Wasser (= Wasserstoff + Sauerstoff), so in den meisten Gebirgs- und Gesteinsarten und namentlich in allen, welche die Hauptmasse der Erdrinde, soweit sie uns bekannt ist, bilden.

Kalkstein = { Kohlensäure + Kalkerde } = { Kohle + Sauerstoff / Calcium + Sauerstoff }.

Thonerde = Aluminium + Sauerstoff.

Kieselerde = Silicium + Sauerstoff.

Granit =	Kieselerde + Kali + Talkerde + Thonerde + Eisenoxyd	=	Silicium Kalium Magnesium Aluminium Eisen	+ Sauerstoff. + Sauerstoff. + Sauerstoff. + Sauerstoff. + Sauerstoff.

ꝛc. ꝛc.

§. 17.

Ozon.

Läßt man durch Sauerstoff eine große Anzahl von elektrischen Funken hindurchgehen, so verändern sich mehrere seiner Eigenschaften bedeutend. Zunächst beobachtet man, daß er einen eigenthümlichen, unangenehmen Geruch annimmt, weswegen man auch diesen, so veränderten Sauerstoff Ozon (ὄζειν, Geruch verbreiten) nennt. Vor allem ist aber wichtig, daß der Sauerstoff eine viel größere Neigung erhalten hat, Verbindungen einzugehen als der gewöhnliche Sauerstoff. So verwandelt er feuchtes Silber schon bei gewöhnlicher Temperatur in Silbersuperoxyd. Läßt man Ozon auf eine Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul wirken, so scheidet sich in derselben Mangansuperoxyd als unlösliches braunes Pulver aus.

In größerer Menge wirkt das Ozon auf den menschlichen Körper nachtheilig, erzeugt Kopfweh und Husten.

Auch der Sauerstoff in der atmosphärischen Luft wird unter dem Einflusse der Elektricität in Ozon verwandelt. Da nun die Luft stets etwas Elektricität enthält, so muß auch immer etwas Ozon darin vorhanden sein. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist dieser Ozongehalt aber so gering, daß er durch den Geruch nicht wahrgenommen werden kann. Schlagen starke Blitze durch die Luft, so erzeugen sie in ihrer nächsten Nähe so viel Ozon, daß es sich dem Geruche sehr deutlich kund giebt.

Setzt man Ozon einer Temperatur von 250 bis 300°*) aus, so wird es wieder in gewöhnlichen Sauerstoff verwandelt.

*) Alle in diesem Lehrbuche vorkommenden Temperaturangaben beziehen sich auf das hunderttheilige Thermometer.

Man nennt das Ozon eine allotropische (ἀλλοτροπως, anders beschaffen) Modification des Sauerstoffs.*)

§. 18.

Wasserstoff.

Die Eigenschaften dieses Elementes sind bereits in §. 1 beschrieben worden. Auch haben wir dort den Beweis geliefert, daß das Wasser eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ist. Diese Thatsache ist jedoch für die Chemie von so großer Wichtigkeit, daß es nothwendig erscheint, noch eine größere Anzahl von Beweisen dafür kennen zu lernen.

Dieselben lassen sich nach drei verschiedenen Principien führen:

I) Man kann Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. (§. 1.)

II) Man kann dem Wasser Sauerstoff entziehen und erhält dadurch Wasserstoff.

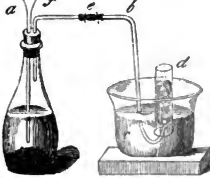
1) Füllt man einen am einen Ende verschlossenen Glascylinder bis auf einen geringen Raum mit Quecksilber und sodann vollständig mit Wasser, kehrt man ihn über Quecksilber um, so daß sich das Wasser über dem schwereren Quecksilber ansammelt, und läßt man endlich ein Stück Kaliummetall in dem Cylinder in die Höhe steigen, so begiebt sich letzteres, weil es noch leichter ist als Wasser, in die Spitze des Cylinders, verschwindet aber sehr bald, während sich ein Gas entwickelt, welches die Flüssigkeiten aus dem Cylinder herausdrängt.

Das Gas ist leicht als Wasserstoffgas zu erkennen; das dabei noch übrig gebliebene Wasser reagirt stark alkalisch, hat also Kaliumoxyd aufgelöst. —

Kaliummetall vermag also schon bei gewöhnlicher Temperatur für sich allein dem Wasser Sauerstoff zu entziehen und Wasserstoff zu entwickeln.

Auf eine ähnliche Weise verhält sich metallisches Natrium gegen reines Wasser.

Fig. 6.



2) Bringt man Zink (in kleinen Stücken) und etwas reines Wasser in das Glasgefäß, Fig. 6, so verändert sich weder das Wasser noch das Metall; so wie man jedoch nach Anbringung des Korkes mit seinen beiden Glasröhren durch die Trichterröhre a, welche mit ihrem unteren Ende bis unter die Flüssigkeit reicht, mit Wasser verdünnte Schwefelsäure eingießt, erfüllt sich die ganze Masse mit Gasblasen. Taucht man das freie Ende der Gas-

*) Bei der Einwirkung der Elektricität auf den Sauerstoff entsteht neben dem Ozon noch eine andere allotropische Modification des Sauerstoffs, Antozon genannt.

leitungsröhre b unter Wasser, so sieht man daraus eine geruch- und farblose Gasart in reichlicher Menge sich entwickeln. Wartet man nun noch einige Zeit, bis alle atmosphärische Luft aus der Flasche durch das sich entwickelnde Gas ausgetrieben ist, und sammelt man dann letzteres in einem Glascylinder d auf, so kann man sich durch seine Brennbarkeit leicht davon überzeugen, daß es ebenfalls Wasserstoffgas ist.

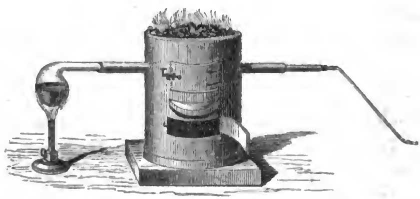
Das Zink übt auf den Sauerstoff im reinen Wasser zwar auch eine Anziehungskraft aus, aber eine weit geringere als das Kalium, eine so geringe, daß es die Kraft, mit welcher Wasserstoff und Sauerstoff vereinigt sind, nicht zu überwinden vermag. Kommt jedoch Schwefelsäure hinzu, so wird durch deren Gegenwart entweder die Anziehungskraft zwischen Zink und Sauerstoff verstärkt, oder die zwischen Sauerstoff und Wasserstoff geschwächt, genug, das Zink entzieht nun wirklich dem Wasserstoff den Sauerstoff und vereinigt sich mit ihm zu Zinkoxyd, während der Wasserstoff frei wird und als Gas entweicht. Das entstandene Zinkoxyd verbindet sich mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd, welches in dem übrigen Wasser flüssig wird, sich auflöst.

Wasserstoffzündmaschine.

Aehnlich wie das Zink verhalten sich Eisen und Zinn, nicht aber Blei, Quecksilber, Kupfer und Silber, welche in verdünnter Schwefelsäure unverändert bleiben.

3) Füllt man ein schmiedeeisernes Rohr, etwa einen Flintenlauf, dessen Schwanzschraube entfernt und dessen Zündloch vernietet worden ist, mit reinen Eisendrehspähnen, kittet man dann mittels feuchten Lehmbreis (dem man, weil er sonst beim Trocknen leicht Risse bekommt, einige Kuhhaare beigemischt hat) an das eine Ende des Flintenlaufs eine mit Wasser versehene Glasretorte und an das andere eine Glasröhre, schiebt man hierauf den Flintenlauf, wie in Fig. 7 dargestellt ist, durch einen Ofen, in welchem man, nachdem an die Glasröhre ein Gasleitungsrohr befestigt worden ist, den Flintenlauf durch nebengelegte glühende Kohlen zum Glühen

Fig. 7.



Dieselbe besitzt ebenfalls stärker oxydirende Eigenschaften als der gewöhnliche Sauerstoff. Ausführlich wird von derselben später die Rede sein.

erhitzt, und bringt man zuletzt das Wasser in der Retorte durch eine Spiritus- oder Gasflamme zum Kochen, so entwickelt sich ebenfalls aus dem Gasleitungsrohre Wasserstoff.

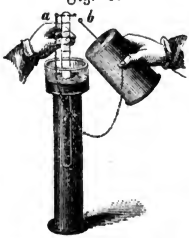
Man kann den Versuch fortsetzen, bis die Retorte vollständig leer ist, ohne daß aus dem Gasleitungsrohre etwas Anderes als Wasserstoffgas zum Vorschein kommt. Entleert man den Flintenlauf nach dem Erkalten, so findet man das Eisen, wenigstens theilweise, in Eisenoxydoxydul verwandelt. Das Eisen entzieht also in der Glühhitze dem gasförmigen Wasser Sauerstoff und setzt Wasserstoff in Freiheit.

§. 19.

III) Aus Wasserstoff und Sauerstoff kann Wasser erzeugt werden.

Bereits im §. 1 haben wir erfahren, daß ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff, welche bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf einander wirken, sich mit einer Explosion in Wasser verwandelt, wenn ein darin befindlicher Platindraht zum Glühen erhitzt wird.

Fig. 8.



Denselben Erfolg beobachtet man, wenn man durch ein solches Gasgemenge einen elektrischen Funken hindurchschlagen läßt, was leicht bewirkt wird, wenn man die Gase über Quecksilber in einer am einen Ende verschlossenen (Fig. 8) Röhre von starkem Glase aufgesammelt hat, durch deren Wandung in der Nähe des verschlossenen Endes, bei a und b, zwei Platindrähte hindurchgehen, die sich im Inneren der Röhre mit ihren Spitzen fast berühren, und den einen der Drähte mit der inneren, den anderen mit der äußeren Belegung einer geladenen Leydner Flasche in Verbindung bringt.

Ist die Glasröhre eingetheilt (in welchem Falle man sie ein Eudiometer*) nennt), so kann man leicht beobachten, daß die Gase sich nicht in allen beliebigen Raumverhältnissen mit einander verbinden, sondern daß ein bestimmtes Volumen Sauerstoff stets genau zwei Volumina Wasserstoff bedarf, um Wasser zu bilden. Dieser Umstand kann dazu benutzt werden, um in einem Gasgemenge einen etwaigen Gehalt an Sauerstoff zu messen.

*) Dieses Wort bedeutet Luftgütemesser (εὔδιος, gut, heiter, von der Luft gebräuchlich, μετρεῖν, messen), weil man damit in der oben beschriebenen Weise die Luft auf ihren Sauerstoffgehalt prüfen kann.

Gesetzt nämlich, man mischte zu einem solchen Gemenge, dessen Volumen x Cubiccentim. beträgt, eine Menge Wasserstoff, die mindestens 2x Cubiccent. ausmacht, explodirte durch den elektrischen Funken und beobachtete, daß dadurch y Cubiccent. Gas verschwänden, so müßte $\frac{1}{3}y$ Cubiccent. das gesuchte Volum des Sauerstoffs und $x - \frac{1}{3}y$ Cubiccent. das der anderen Gasart oder Gasarten sein.

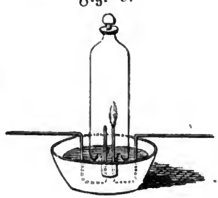
Wäre $y = 0$, d. h. verschwände gar kein Gas, so wäre die Gasart frei von eingemengtem Sauerstoff.

Es versteht sich von selbst, daß man auf ähnliche Weise in einem Gasgemenge einen etwa vorhandenen Gehalt an Wasserstoff bestimmen kann, wenn neben demselben gleichzeitig kein anderes brennbares Gas vorhanden ist.

Bei diesen Versuchen kann man natürlich nur eine höchst unbedeutende Menge flüssiges Wasser erhalten (§. 1), weil das Gemenge des Wasserstoff- und Sauerstoffgases einen fast 2000 mal so großen Raum einnimmt als das flüssige Wasser, welches daraus entsteht; will man größere Mengen erzeugen, so muß die Oxydation auf andere Weise vorgenommen werden.

Die Explosion, mit welcher die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff verbunden ist, zeigt sich nämlich nur bei Anwendung so kleiner Mengen der Gase ungefährlich. Mischt man z. B. in einem Glaskolben, der etwa nur 3 bis 4 mal so viel Gas faßt als das Eudiometer, Sauerstoff und Wasserstoff und nähert man der Oeffnung desselben einen brennenden Körper, so sieht man für einen Augenblick eine Flamme das ganze Gefäß erfüllen, es erfolgt ein starker Knall und das Gefäß wird in unzählige Splitter zerschmettert, welche mit großer Kraft umhergeschleudert werden. (Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß bei der Verbrennung des Wasserstoffes eine sehr hohe Temperatur entsteht, welche das entstandene gasförmige Wasser plötzlich in einen viel größeren Raum ausdehnt. Auf die dadurch bewirkte erste starke Lufterschütterung erfolgt unmittelbar und daher scheinbar gleichzeitig mit ihr eine zweite, indem die Luft in den durch die plötzliche Verdichtung des Wasserdampfes entstandenen leeren Raum einstürzt.) Man nennt das Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff daher Knallgas.

Fig. 9.



Es läßt sich die Vereinigung einer größeren Menge der beiden Gase aber auch in völlig gefahrloser Weise, und ohne daß dabei eine Explosion statt hat, vermitteln. Man fülle zu dem Ende ein Glasgefäß von einer Form, wie es Fig. 9 zeigt, mit Sauerstoffgas und stülpe es rasch über die beiden Glasröhren, von denen die eine Sauerstoffgas,

die andere vorher angezündetes Wasserstoffgas zuführt; alsdann wird sich bald Wasser in so reichlicher Menge bilden, daß dasselbe an der Wandung des Gefäßes in die untere Rinne hinabfließt.

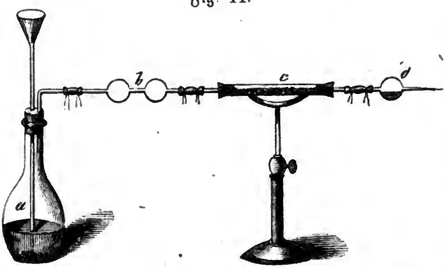
Entwickelt man Wasserstoff aus verdünnter Schwefelsäure und Zink in einem Glase, durch dessen Kork eine ganz kurze Röhre hindurchgeht, wie Fig. 10 zeigt, und hält man über diese Röhre, nachdem das daraus sich entwickelnde Gas angezündet worden ist, ein trocknes Glas, so beschlägt letzteres sich mit Wasserbläschen. Auch der Sauerstoff in der atmosphärischen Luft vermag also den Wasserstoff zu Wasser zu oxydiren.

Fig. 10.



Befestigt man eine Flasche a, Fig. 11, in welcher aus Zink und verdünnter Schwefelsäure Wasserstoff entwickelt wird, an eine Glasröhre b, welche an einer oder zwei Stellen zu einer Kugel erweitert ist; fügt man diese letztere an ein mit Aetzkalkstückchen*) lose erfülltes Rohr c, und dieses zuletzt wieder an ein Rohr d mit einer Kugel, worin pulverförmiges Kupferoxyd sich befindet, so bildet sich beim Erhitzen der Kugel d Wasser, welches zuerst im Inneren der Spitze des Rohrs d sich ansetzt, später aber, wenn diese zu heiß wird, als Dampf entweicht und wieder tropfbar flüssig wird, wenn man einen kalten Körper, z. B. einen Porcellanscherben, über das Ende von d hält. Das Kupferoxyd verwandelt sich dabei in metallisches Kupfer und tritt seinen Sauerstoff an den Wasserstoff ab.

Fig. 11.



So oft in der Wärme Wasserstoff mit Sauerstoff oder mit einem

*) Wir haben im §. 10 gesehen, daß dieser Körper Wasser lebhaft verschluckt. In dem Rohre c wird er also alles Wasser, welches durch die Gasentwickelung aus a mechanisch mit fortgerissen werden könnte, zurückhalten, so daß das Wasserstoffgas in d trocken ankommt. Ein großer Theil dieses Wassers sammelt sich schon in den beiden Kugeln von b. Ebenso wie Aetzkalk wirkt Schwefelsäurehydrat Wasser anziehend; man kann daher den Aetzkalk auch durch Bimsteinstücke, die mit Schwefelsäurehydrat getränkt sind, ersetzen.

Oxyde zusammengebracht wird, welches seinen Sauerstoff leicht abgiebt, vereinigt er sich damit und bildet Wasser.

Alle diese Erscheinungen bestätigen also, daß Wasser sich aus Wasserstoff und Sauerstoff darstellen läßt.

Wenn man bei dem zuletzt erwähnten Versuch jenseits des Rohrs d noch ein Rohr anbringt, welches mit von Schwefelsäurehydrat durchfeuchteten Bimsteinstücken angefüllt ist, so nimmt letzteres das gebildete Wasser vollständig auf. Wiegt man nun dieses Rohr, sowie dasjenige, welches das Kupferoxyd enthält, vor und nach dem Versuch, so ergiebt sich daraus das Gewicht des gebildeten Wassers und das des darin enthaltenen Sauerstoffs. Man findet so, daß mit Hülfe von acht Gewichtstheilen Sauerstoff neun Gewichtstheile Wasser gebildet werden können, d. h. daß das Wasser aus acht Gewichtstheilen Sauerstoff und einem Gewichtstheil Wasserstoff besteht.

§. 20.

Wasser.

Verschiedene Aggregatzustände. Das Wasser ist bei gewöhnlicher Lufttemperatur ein flüssiger Körper, bei 0° nimmt es den festen Aggregatzustand an (es gefriert, wird Eis) und bei 100° verwandelt es sich in der Art in Gas, daß man die einzelnen Gasblasen in seiner ganzen Masse aufsteigen sieht (es kocht). Die Veränderung des Aggregatzustandes findet in beiden Fällen statt, ohne daß die chemische Zusammensetzung des Wassers sich ändert. Das sich aus kochendem Wasser entwickelnde Wassergas erhebt sich in der atmosphärischen Luft, es ist also specifisch leichter als diese. Allein dabei wird es von der kälteren Umgebung wieder abgekühlt und geht daher, in Form ganz kleiner, feiner Bläschen, wieder in den flüssigen Zustand über. — Wasserdampf.

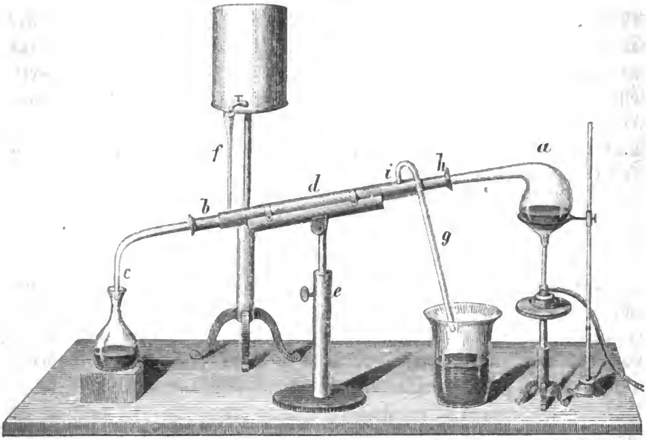
Verdunstung, Wolken und Regen. Wenn man eine gewogene Wassermenge an der Luft in einem offenen Gefäße stehen läßt und von Zeit zu Zeit wieder wiegt, so findet man dieselbe fortwährend vermindert. Ja, wenn man lange genug wartet, so kann man das vollkommene Verschwinden des Wassers beobachten. Es verwandelt sich daher das Wasser auch schon bei gewöhnlicher Temperatur in Gas, jedoch nur an der Oberfläche und nicht mit so lebhaftem Aufwallen wie bei 100°. Aus Bächen, Flüssen, Seen und Meeren, ferner aus dem mit Wasser durchfeuchteten Erdreich muß fortwährend Wasser gasförmig in die Atmosphäre aufgenommen werden, welches zwar schon durch seine große Leichtigkeit, noch mehr aber durch den von der erwärmten Erdoberfläche bei Tage emporsteigenden Luft-

strom in höhere, kältere Luftregionen emporgeführt und dort zu Wolken verdichtet wird, welche dasselbe Wasser in Gestalt von Regen der Erde wieder zusenden.

In der Luft muß daher fortwährend Wassergas vorhanden sein.

Destillation. Wird in einer Retorte a, Fig. 12, Wasser im Kochen

Fig. 12.



gehalten, und das entstehende Wassergas auf seinem Wege durch das Glasrohr b h stark abgekühlt, so nimmt es wieder den flüssigen Aggregatzustand an und es läuft bei c wieder die ganze Menge desselben als flüssiges Wasser in das untergestellte Fläschchen. Die Abkühlung geschieht auf folgende Weise. Das Glasrohr b h ist in dem weiteren Blechrohre d durch Korkstopfen befestigt und wird davon, wie von einem Mantel, umgeben. Das Rohr d ruht auf dem Stativ e und trägt zwei Blechröhren f und g, von denen die erstere in einen Trichter erweitert, die letztere nach unten umgebogen ist. Durch die Trichterröhre f läßt man aus einem nebenstehenden Gefäße kaltes Wasser fließen; dasselbe tritt in den Raum zwischen den beiden Rohren d und b h, füllt ihn vollständig aus und fließt durch g ab. Einem in der Richtung von h nach b das Glasrohr durchströmenden, heißen Gase kann man also fortwährend in seiner Umgebung einen Strom kalten Wassers entgegen fließen lassen. Das Gas wird dadurch abgekühlt, das Wasser erwärmt. Da nun warmes

Wasser specifisch leichter ist als kaltes, so steigt das warm gewordene in dem Blechrohre in die Gegend von i, wodurch die Abführung desselben mittels g durch das nachströmende kalte Wasser noch befördert wird. Das Gas begegnet demnach in dem Maße, wie es auf seinem Wege fortschreitet, stets kälteren Wassertheilen und wird so immer mehr abgekühlt.

Destilliren — Destillation.

Gasabsorption. Leitet man schwefligsaures Gas auf den Boden eines mit Wasser erfüllten, etwa fußhohen Cylinders, so sieht man, wie die Gasblasen auf ihrem Wege durch das Wasser immer kleiner und kleiner werden und endlich ganz verschwinden, so daß keine derselben bis zur Oberfläche gelangt. Dabei nimmt das Wasser an Gewicht und Volumen zu und erhält alle charakteristischen Eigenschaften, welche wir von der schwefligen Säure schon §. 11 erwähnten. Das Gas wird hierbei in der Masse des Wassers flüssig, man sagt, es werde davon verschluckt, aufgelöst, absorbirt.

Fährt man mit dem Durchleiten des Gases einige Zeit fort, so bemerkt man, daß die Gasbläschen immer weniger von ihrem Volumen verlieren und zuletzt ganz unverändert durch die Flüssigkeit hindurchgehen; von diesem Punkte an wird kein Gas mehr absorbirt, der Sättigungspunkt des Wassers ist erreicht. Je niedriger dabei die Temperatur ist, desto mehr Gas vermag das Wasser aufzunehmen; wird aber nachher die Lösung in eine höhere Temperatur gebracht, so entweicht wieder eine bestimmte Gasmenge daraus und die Flüssigkeit kann bei dieser höheren Temperatur auch keine neue Quantität aufnehmen. Beim Kochen verliert eine solche Lösung in der Regel alles Gas.

Die verschiedenen Gase sind alle, jedoch in sehr verschiedenem Grade in Wasser auflöslich. Wenn man z. B. Chlor durch Wasser leitet, so läßt sich eine Verkleinerung der Gasbläschen nicht wahrnehmen, und man kann nur aus der gelblichen Farbe und dem charakteristischen Chlorgeruche des Wassers schließen, daß von dem Gase etwas aufgelöst worden ist. Haben Gase keine solche, besonders in die Sinne fallende Eigenschaften, und sind sie nur in spärlicher Menge in Wasser auflöslich, wie z. B. Sauerstoff und Wasserstoff, so lassen sie sich nur dann darin auffinden, wenn man sie beim Kochen daraus zu gewinnen im Stande ist.

Man hat auch Gase durch starken Druck in Wasser hinein zu pumpen versucht und dabei gefunden, daß die Auflöslichkeit des Gases bei derselben Temperatur wächst, wenn der Druck zunimmt.

Schon dann, wenn Wasser längere Zeit nur an der Oberfläche mit einem Gase in Berührung ist, nimmt es etwas davon auf; so enthält

jedes Wasser, wenn es nicht kurz zuvor gekocht, oder in einem verschlossenen, vollkommen angefüllten Gefäße aufbewahrt worden ist, atmosphärische Luft, und dieser Bestandtheil ist großentheils Ursache von dem erfrischenden Geschmack des Quell- und Brunnenwassers, weshalb auch ausgekochtes Wasser so fade schmeckt.

Auflösung fester Körper. Wirft man Salpeter (salpetersaures Kali) nach und nach in kleineren Quantitäten in Wasser, so wird er ebenfalls in der flüssigen Masse selbst flüssig und vermischt sich so mit dem Ganzen, daß er nicht mehr wahrgenommen werden kann, d. h. er löst sich auf. Wenn das Wasser aber eine bestimmte Menge Salpeter aufgenommen hat, so bleiben auf's Neue hineingeworfene Quantitäten desselben unverändert; das Wasser ist dann gesättigt, die Lösung concentrirt. Ebenso wie der Salpeter verhält sich eine große Anzahl fester Substanzen; doch sind die Quantitäten, welche Wasser von den verschiedenen Körpern aufzunehmen vermag, sehr verschieden, und bei den einzelnen Körpern noch von besonderen Bedingungen abhängig. Je höher die Temperatur des Wassers, je feiner der Körper in der flüssigen Masse vertheilt ist, und je mehr er vor einem Ablagern am Boden des Gefäßes durch Umrühren bewahrt wird, desto rascher geht seine Auflösung in dem Wasser vor sich. Die Menge jedoch, welche Wasser von einem festen Körper aufnehmen kann, ist nur von der Temperatur abhängig und zwar in der Regel in der Weise, daß wärmeres Wasser mehr als kälteres aufzulösen vermag.

Steht die wässerige Auflösung eines festen Körpers an der Luft, so verwandelt sich das darin enthaltene Wasser nach und nach, und zwar desto rascher, je höher die Temperatur ist, in Gas und entweicht in die Luft, während die ganze Menge des festen Körpers zurückbleibt. Deswegen kann eine Auflösung niemals als eine chemische Verbindung des betreffenden Körpers mit Wasser, sondern nur als ein mechanisches Gemenge beider angesehen werden. Abdampfen zur Trockne.

Nicht alle festen Körper sind in Wasser auflöslich; z. B. Glas, Sand, Eisen, Schwefel und viele andere werden durchaus nicht davon aufgenommen.

Regenwasser, Quellwasser 2c. Das Wasser, welches durch den Regen zur Erde kommt, dringt zum Theil, namentlich auf den höher gelegenen Punkten, durch Spalten und Risse in das Innere der Gebirge, sickert durch die Gesteinsmassen hindurch, sammelt sich zu größeren Mengen und fließt endlich als Quellwasser zu Tage.

Es findet auf diesem Wege stets auflösliche Substanzen und nimmt daher, je nachdem es langsamer oder rascher darüber wegfließt, größere oder geringere Mengen davon in sich auf. Die Quellen vereinigen sich

und bilden mit dem auf der Oberfläche der Erde zusammenfließenden Regenwasser Bäche, Flüsse und Meere. **Daher kommt es denn, daß alles auf** der Erde vorkommende Wasser, außer dem in reinen Gefäßen auf freiem Felde aufgefangenen Regenwasser, fremde Substanzen aufgelöst enthält. Je nach der größeren oder geringeren Menge der festen Substanzen, welche ein Quellwasser aufgelöst enthält, nennt man dasselbe ein Mineralwasser, beziehungsweise hartes Wasser oder weiches Wasser.

Destillirtes Wasser. Wird solches Wasser der Destillation unterworfen, so entweicht natürlich das Wasser in Gasform und condensirt sich als vollkommen reines Wasser, während in dem Destillationsgefäße die vorher aufgelösten Substanzen in fester Form zurückbleiben. — Destillirtes Wasser. — Incrustirungen von Kochgeschirren und Dampfkesseln.

Krystallisation. Wenn man in siedendem Wasser so viel wie möglich von einem Körper, z. B. Salpeter, auflöst, und die Lösung darauf erkalten läßt, so scheidet sich der nur in höherer Temperatur lösliche Theil in fester Gestalt, und meistens in von ebenen Flächen auf eine regelmäßige Weise ringsum begrenzten Stücken (in Krystallform) wieder aus. Die Krystalle bilden sich hierbei desto regelmäßiger aus, je langsamer die Flüssigkeit erkaltet. — Auch eine nicht concentrirte Auflösung kann man zum Krystallisiren bringen, wenn man dieselbe der freiwilligen Verdunstung überläßt, oder durch Wärme so weit abdampft, bis sie in höherer Temperatur gesättigt ist, und alsdann erkalten läßt. — Abdampfen bis zum Krystallisationspunkt.

Wasser erleichtert die chemische Verbindung. Gießt man eine Auflösung von Kohlensäuregas zu einer Auflösung von Kalkerde, so bildet sich das in §. 10 erwähnte kohlensaure Calciumoxyd gerade so, als wenn trockene Kohlensäure auf Aetzkalk einwirkt, und es scheidet sich dabei, da es in Wasser unlöslich ist, als ein fester Körper aus, welcher zuerst in dem Zustande höchst feiner Vertheilung, in welchem er entstanden ist, in der Flüssigkeit schweben bleibt und dieselbe trübt, nach einiger Zeit aber sich zu Boden senkt, so daß die Flüssigkeit klar darüber steht. Niederschlag.

Wird in eine Auflösung von Kali nach und nach verdünnte Schwefelsäure gegossen, so gelangt man zu einem Punkte, wo die Flüssigkeit weder Curcumapapier bräunt, noch Lackmuspapier röthet, sondern, wie man sagt, neutral reagirt. Concentrirt man darauf die Flüssigkeit durch Wärme, so entweichen nur Wasserdämpfe und beim Erkalten krystallisirt ein weißer, fester Körper aus. Aus der von ihm getrennten Flüssigkeit erhält man nach neuem Eindampfen eine neue Portion derselben Krystalle u. s. f., bis endlich die letzte Flüssigkeitsmenge zu einer nicht krystallini-

schen, weißen Masse eintrocknet, die aber, wenn sie wieder in kochendem Wasser bis zu dessen Sättigung aufgelöst wird, beim Erkalten in den nämlichen Krystallen anschießt. Letztere müssen daher die angewandte Schwefelsäure nebst dem Kali enthalten, sie müssen schwefelsaures Kali sein. Das Wasser verhindert die Vereinigung aufgelöster Körper, welche überhaupt Verwandtschaft zu einander haben, also nicht, sondern es erleichtert diese sogar in den meisten Fällen, da es die zur Thätigkeit kommenden Körper sämmtlich oder zum Theil auflöst und aufgelöste Körper rascher und begieriger aufeinander wirken als feste.

Fügt man zu einer Auflösung von Baryterde in Wasser verdünnte Schwefelsäure, so entsteht, selbst wenn die Lösung noch so verdünnt ist, ein weißer Niederschlag. Neutralisirt man dabei genau, so läßt die nachher von dem Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit beim Abdampfen zur Trockne keinen Rückstand; sämmtliche Schwefelsäure und Baryterde befinden sich demnach in dem Niederschlage, die schwefelsaure Baryterde ist also in Wasser völlig unlöslich. — Ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet man, wenn man die Auflösung der Baryterde mit einer solchen von Phosphorsäure neutralisirt, nur läßt die von dem entstandenen Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit beim Abdampfen zur Trockne eine sehr geringe Spur festen Rückstandes, welcher ein Theil der entstandenen phosphorsauren Baryterde ist. Letzteres Salz ist demnach etwas, aber nur spurenweise im Wasser löslich. — Wasser, welchem Salpetersäure beigemischt ist, löst die phosphorsaure Baryterde leicht auf, und es ist eine allgemeine Erfahrung, daß angesäuertes Wasser (verdünnte Säure) viele Körper auflöst, die in reinem Wasser unlöslich sind, für die schwefelsaure Baryterde ist es jedoch charakteristisch, daß sie auch in mit viel Säure vermischtem Wasser völlig unlöslich ist.

Vermischt man eine Auflösung von salpetersaurer Baryterde mit einer solchen von schwefelsaurem Kali, so entsteht ebenfalls schwefelsaure Baryterde als Niederschlag; fährt man mit dem Zusatz der Auflösung des schwefelsauren Kalis so lange und nur so lange fort, als noch neue Portionen jenes Niederschlages entstehen, und verdampft man die von demselben abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne, so erhält man salpetersaures Kali als festen Rückstand. Die beiden ursprünglich angewandten Salze haben demnach ihre beiden Bestandtheile gegen einander ausgetauscht. Die Säure aus dem schwefelsauren Kali hat sich mit der Baryterde der salpetersauren Baryterde zu dem weißen Niederschlage verbunden und die Salpetersäure dafür mit dem Kali zu salpetersaurem Kali, welches in dem Wasser aufgelöst blieb. Die Ursache dieser Zersetzung liegt eben in der Unlöslichkeit

der schwefelsauren Baryterde. Auch das schwefelsaure Bleioxyd ist in Wasser unlöslich, leicht löslich dagegen das schwefelsaure Kupferoxyd. Deswegen zersetzt sich eine Auflösung von schwefelsaurem Kali nicht mit einer solchen von salpetersaurem Kupferoxyd, wohl aber mit einer solchen von salpetersaurem Bleioxyd in niederfallendes schwefelsaures Bleioxyd und aufgelöst bleibendes salpetersaures Kali.

Aus einer Auflösung von freier (d. h. nicht an eine Basis gebundener) Schwefelsäure fällt eine Auflösung von salpetersaurer Baryterde auch schwefelsaure Baryterde aus, weil dieses Salz in der Salpetersäure, welche dabei von der Baryterde getrennt wird und in Auflösung übergeht, unlöslich ist. Phosphorsäurelösung erzeugt dagegen in einer solchen von salpetersaurer Baryterde keinen Niederschlag, weil eine etwa gebildete phosphorsaure Baryterde in der Salpetersäure, welche in Auflösung gehen müßte, löslich ist. Es läßt sich daher die Gegenwart von Schwefelsäure in Flüssigkeiten, einerlei, ob sie in freiem Zustande oder in Form eines Salzes vorhanden ist, durch salpetersaure Baryterde gut nachweisen.

Man beobachtet ganz allgemein: Wenn eine Auflösung mehrerer Basen mit einer Auflösung mehrerer Säuren vermischt wird, so entstehen dabei von den Salzen, die sich überhaupt bilden können, diejenigen zuerst in möglichst großer Menge, welche in der Flüssigkeit unlöslich sind, und: Wenn mehrere Salze in Auflösung zusammengebracht werden, so finden nur dann Zersetzungen statt, wenn zwischen einer oder mehreren der vorhandenen Säuren und einer oder der anderen der Basen unlösliche Verbindungen existiren können, und letztere Verbindungen scheiden sich alsdann in möglichst großer Menge als Niederschläge ab.

In gewissem Sinne gilt dieses Gesetz auch noch für schwerlösliche Substanzen. Neutralisirt man z. B. eine nicht gesättigte Lösung von Kalkerde mit Schwefelsäure, so bleibt zwar die entstehende schwefelsaure Kalkerde in Lösung. Da salpetersaure Kalkerde aber weit leichter in Wasser löslich ist, so kann man Lösungen derselben darstellen, welche an Kalkerde weit reicher sind, als die concentrirteste der reinen Kalkerde. In solch einer Lösung wird durch eine Auflösung von schwefelsaurem Kali ein Niederschlag von schwefelsaurer Kalkerde erzeugt, während dafür salpetersaures Kali in Lösung geht. Da jedoch schwefelsaure Kalkerde nicht unlöslich, sondern nur schwerlöslich ist, so bleibt noch eine bestimmte Portion in der Flüssigkeit gelöst und kann nach und nach durch weiteres Abdampfen, zuletzt gemengt mit salpetersaurem Kali, daraus abgeschieden werden.

Krystallwasser. Erhitzt man Bittersalz (schwefelsaures Magnesiumoxyd), wie es aus einer concentrirten Lösung auskrystallisirt ist, in einer Retorte, so schmilzt es, während Wasser gasförmig entweicht und sich in dem kälteren Halse der Retorte tropfbar-flüssig niederschlägt. Bei längerem Erhitzen gelangt man zu einem Punkte, an welchem alle Entwickelung von Wassergas aufhört, und das Salz ist dann in eine feste, weiße, nicht krystallisirte (d. h. amorphe) Masse verwandelt, welche unverändertes, reines schwefelsaures Magnesiumoxyd ist. Das krystallisirte Salz war also eine Verbindung von schwefelsaurem Magnesiumoxyd mit Wasser. Wird das amorphe Salz wieder aufgelöst und auf's Neue zum Krystallisiren gebracht, so verhalten die Krystalle sich in der Wärme wieder gerade so, und wasserfreie Krystalle dieses Salzes lassen sich nicht darstellen.

Ebenso verhält sich das krystallisirte Glaubersalz (schwefelsaures Natron), wenn es aus einer bei 30° gesättigten Lösung in größerer Kälte auskrystallisirt ist. Allein die Krystalle dieses Salzes verlieren schon, wenn sie in gewöhnlicher Temperatur an freier Luft liegen, ihre bestimmte Form, zerfallen zu einem weißen Pulver und nehmen dabei an Gewicht ab; — sie verwittern. Dieses Pulver ist unverändertes, aber wasserfreies schwefelsaures Natron und giebt auch beim Erhitzen kein Wasser ab wie das krystallisirte Salz. Auch dieser Körper krystallisirt aus einer gesättigten Lösung beim Erkalten wieder in Verbindung mit Wasser, verliert es aber zugleich mit der Krystallform schon bei gewöhnlicher Temperatur.

Wir schließen daraus, daß gewisse Salze in Krystallform nur dann bestehen können, wenn sie mit Wasser chemisch verbunden sind. Dieses Wasser nennt man Krystallwasser.

Uebrigens giebt es auch Salze, welche frei von Wasser krystallisiren, z. B. Salpeter und schwefelsaures Kali u. s. w.

Hygroscopie. Es ist schon früher erwähnt worden, §. 10, daß die feste Kalkerde darauf gegossenes Wasser verschlucken kann, ohne ihre feste Form zu verlieren. Läßt man reine Kalkerde längere Zeit an feuchter Luft liegen, so nimmt sie an Gewicht zu, und läßt in strenger Hitze Wasser abdestilliren. Also schon zu dem in der Atmosphäre verbreiteten Wassergas hat die Kalkerde eine solche Verwandtschaft, daß sie es an sich zu ziehen vermag. Aehnlich verhalten sich einige andere Substanzen, z. B. Potasche (kohlensaures Kali) und Chlorcalcium, auch Schwefelsäurehydrat. Die beiden ersteren vermögen aus feuchter Luft so viel Wasser anzuziehen, daß sie damit zu einer vollständigen Auflösung zerfließen.

Von solchen Körpern (hygroscopische Substanzen genannt) macht man

bei chemischen Experimenten häufig Gebrauch, um abgeschlossene Lufträume oder Gasarten zu trocknen.

§. 21.

Vorkommen des Wasserstoffs in der Natur. Der Wasserstoff ist in der Natur noch niemals in freiem Zustande angetroffen worden; er findet sich immer nur in Verbindungen, und zwar hauptsächlich mit dem Sauerstoff im Wasser, und mit Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff in den Pflanzen- und Thierstoffen.

§. 22.

S c h w e f e l.

An vielen Stellen der Erde, hauptsächlich in Gegenden, wo Vulcane thätig sind, z. B. in Sicilien und Neapel, findet man in der Erde Massen eines gelben krystallinischen Körpers abgelagert, welcher beim Anzünden an der Luft mit schwach leuchtender, blauer Flamme unter Verbreitung eines eigenthümlichen, erstickenden Geruches verbrennt und seiner vielfachen Anwendung wegen bergmännisch gewonnen wird. Er ist ein chemisches Element, die alten Römer nannten ihn sulphur, die Griechen *θεῖον*, sein deutscher Name ist S c h w e f e l. Beim Erwärmen schmilzt er, wenn die Luft von ihm abgehalten wird, und bildet eine hellgelbe, leicht bewegliche Flüssigkeit, welche aber bei stärkerem Erhitzen immer brauner und breiartiger, in noch höherer Temperatur, ohne diese Farbe zu verändern, wieder dünnflüssig wird, und sich endlich in ein rothbraunes Gas verwandelt, das sich, an einen kühlen Ort geleitet, wieder als fester Körper niederschlägt.*) Kühlt man bis in die Nähe seines Siedepunktes erhitzten Schwefel dadurch plötzlich ab, daß man ihn in einem dünnen Strahle in kaltes Wasser gießt, so erstarrt er zu einer bräunlichen, weichen, zähen Masse (einer allotropischen Modification), welche aber allmälig wieder von selbst den Zustand des harten, spröden, gelben Schwefels annimmt.

Schwefel ist ein Nichtleiter der Elektricität.

§. 23.

Oxydationsstufen des Schwefels. Schwefelsäure. Schon früher (§. 8) ist erwähnt worden, daß die unter dem Namen Vitriolöl vielfach in den Gewerben angewandte Flüssigkeit eine Verbindung von Schwe-

*) Einen solchen Vorgang, der sich von der Destillation nur dadurch unterscheidet, daß der verdichtete Körper nicht flüssig, sondern fest ist, nennt man S u b l i m a t i o n und den erhaltenen Körper ein S u b l i m a t.

fel mit Sauerstoff enthält. Man kennt davon zwei Arten, das rauchende Nordhäuser und das englische Vitriolöl, von denen das erstere an der Luft weiße, die Athmungswerkzeuge stark angreifende Nebel ausgiebt.

Erhitzt man dieses Nordhäuser Vitriolöl in einer Retorte mit einer Vorlage, welche vorher durch Erwärmen von den geringsten Feuchtigkeitsspuren befreit worden ist und durch Eis fortwährend abgekühlt wird, so lagert sich in der Vorlage ein weißer, schneeartiger Körper ab. Nimmt man, wenn man so eine Quantität dieses Körpers erhalten hat, die Vorlage fort, so beobachtet man, daß das Sublimat an der Luft dicke, weiße, stark zum Husten reizende Dämpfe bildet, welche angefeuchtetes Lackmuspapier röthen, den Körper also als eine Säure documentiren. Bringt man ein Stückchen Phosphor in die Vorlage zu dem Körper, so entzündet sich dasselbe bald von selbst und verbrennt ähnlich wie beim Anzünden in der Luft. Dabei entsteht Phosphorsäure, welche als ein dicker, weißer Rauch die Vorlage erfüllt und sich zum Theil als eine schneeige Masse an der Wand des Halses derselben verdichtet. Aus dieser Bildung von Phosphorsäure geht hervor, daß der weiße, aus dem rauchenden Vitriolöl dargestellte Körper Sauerstoff enthält. Fügt man, nachdem der Phosphor aufgehört hat, zu brennen, Wasser zu der Masse, so lösen sich die gebildete Phosphorsäure und noch etwaige Rückstände des weißen Körpers auf, während in der Flüssigkeit ein gelber oder weißlichgelber Körper schwimmt. Wird dieser auf einem Filtrum gesammelt und an der Luft erhitzt, so schmilzt er zu einer dunkelbraunen Masse und verbrennt mit blauer Flamme und dem charakteristischen Geruche des verbrennenden Schwefels. Der Phosphor hat also aus der weißen Masse Sauerstoff weggenommen und Schwefel zurückgelassen, die Masse muß also aus Schwefel und Sauerstoff zusammengesetzt sein; sie ist die reine (wasserfreie) Schwefelsäure — Schwefelsäureanhydrid. In verschlossenen Gefäßen verwandelt sich dieselbe bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, ohne sich chemisch zu verändern, in einen flüssigen Körper und schon bei etwa 35° siedet sie. Beim Vermischen mit Wasser erhitzt sie sich sehr heftig, und geschieht dasselbe plötzlich, so kann eine Explosion entstehen, welche das Gefäß zertrümmert. Mit vielem Wasser verdünnte Schwefelsäure schmeckt stark sauer.

Vermischt man 40 Gewichtstheile wasserfreie Schwefelsäure mit 9 Gewichtstheilen Wasser, so erhält man eine sauer reagirende, dicke, ölige Flüssigkeit, welche sich vornehmlich dadurch von der flüssigen, wasserfreien Säure unterscheidet, daß sie erst bei 326° siedet und an der Luft nicht raucht. Deshalb muß man sie auch als eine chemische Verbin-

dung von Wasser mit wasserfreier Säure betrachten. Sie läßt sich beim Erhitzen nicht in diese Bestandtheile zerlegen — Schwefelsäurehydrat. Ihr specifisches Gewicht ist 1,8426. Sie ist ganz identisch mit der sogenannten englischen Schwefelsäure.

Bringt man wasserfreie Schwefelsäure in Schwefelsäurehydrat, so löst sie sich darin auf. Die so erhaltene Flüssigkeit raucht aber an der Luft, ähnlich der wasserfreien Säure, und ist in nichts von dem Nordhäuser Vitriolöl verschieden. Sie läßt, wie oben beschrieben, beim Erwärmen bis nicht viel über 40° die wasserfreie Säure unverändert entweichen und wird wieder zu Schwefelsäurehydrat; sie hat also gewissermaßen die Eigenschaften dieser beiden Bestandtheile zu gleicher Zeit, und kann daher nur als ein mechanisches Gemenge beider, als eine Auflösung von wasserfreier Schwefelsäure in Schwefelsäurehydrat angesehen werden.

Alle drei Arten von Schwefelsäure haben ein großes Bestreben, Wasser in sich aufzunehmen; auch die englische und die Nordhäuser erwärmen sich bedeutend, wenn sie plötzlich damit vermischt werden und ziehen sogar, wenn sie in offenen Gefäßen stehen, Wassergas lebhaft aus der Luft an.

Das Rauchen der wasserfreien Schwefelsäure hat seinen Grund darin, daß sie sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in Gas verwandelt, und so wie sie in die Luft gelangt, Wasser anzieht, um sich damit zu Schwefelsäurehydrat zu vereinigen, welches nun bei der Lufttemperatur nicht mehr als Gas existiren kann, sondern sich zu kleinen Flüssigkeitskugeln in Gestalt eines weißen Rauches verdichtet. Das Rauchen der Nordhäuser Säure wird ebenfalls nur durch das Abdunsten der darin befindlichen wasserfreien Säure bewirkt.

Gießt man Schwefelsäurehydrat auf ein Stückchen Holz, so wird es schwarz. Ueberhaupt werden die organischen Körper von jeder der drei Arten der Schwefelsäure leicht zersetzt und in braun oder schwarz gefärbte Substanzen verwandelt. Die geringste Menge eines organischen Staubes ist hinreichend, um der Schwefelsäure, welche als reine Säure eine farblose Flüssigkeit ist, einen Stich in's Braune zu ertheilen. Da die fabrikmäßig dargestellte Säure nicht füglich vor dem Hineinfallen solcher Körper bewahrt werden kann, so besitzt sie, wie sie im Handel vorkommt, immer eine dunkele Farbe. Bringt man eine der drei Arten der Schwefelsäure auf die Haut, so zerstört sie, die wasserfreie Säure am raschesten, das Hydrat am langsamsten, dieselbe ebenfalls und erzeugt schmerzhafte Wunden, sie ätzt, corrodirt; namentlich wirkt die Säure besonders auf die

feineren Häute, weshalb der innerliche Genuß derselben Verletzungen hervorrufen kann, die den Tod zur Folge haben. Sehr verdünnte Schwefelsäure ist nicht giftig.

Vermischt man eine Auflösung von Kali mit so viel verdünnter Schwefelsäure, daß die Flüssigkeit weder alkalisch, noch sauer (sondern neutral) reagirt, und dampft man die Flüssigkeit bis zu einem gewissen Grade ab, so krystallisirt schwefelsaures Kali daraus aus. Kupferoxyd löst sich in verdünnter Schwefelsäure leicht zu einer blauen Flüssigkeit auf, welche beim Abdampfen ebenfalls schwefelsaures Kupferoxyd in blauen Krystallen absetzt.

Die Schwefelsäure vermag sich mit allen Basen zu verbinden. Die schwefelsauren Salze von Eisenoxydul, Kupferoxyd und Zinkoxyd führen die Trivialnamen Eisen-, Kupfer- und Zinkvitriol. Die meisten der schwefelsauren Salze sind in Wasser leicht auflöslich, z. B. schwefelsaures Kupferoxyd, schwefelsaures Zinkoxyd &c. &c. Einige, wie schwefelsaures Calciumoxyd, sind schwieriger in Wasser löslich, werden aber von Salpetersäure leichter aufgenommen; das schwefelsaure Barymoxyd ist jedoch weder in Wasser, noch in irgend einer Säure löslich (vgl. S. 32 u. 33), und da dasselbe diese Unlöslichkeit in Säuren mit keiner anderen Barymverbindung theilt, so bildet es ein brauchbares Mittel, um die Gegenwart von Schwefelsäure in Salzlösungen nachzuweisen. Entsteht in einer solchen durch Zusatz von salpetersaurer Baryterde ein weißer Niederschlag, welcher nach weiterem Zusatz von Salpetersäure nicht verschwindet, so kann man sicher sein, daß derselbe schwefelsaure Baryterde ist.

Schwefelsaures Kali läßt sich mit Schwefelsäurehydrat chemisch verbinden, wenn man es in einem passenden Verhältniß damit erhitzt (87,1 Gewichtstheile des ersteren und 49 Gewichtstheile des letzteren). Man erhält dann eine dünnflüssige, beim Erkalten krystallinisch erstarrende Masse, welche sich in Wasser zu einer sauer schmeckenden, Lackmuspapier röthenden Flüssigkeit auflöst. Aus der Lösung kann, falls sie concentrirt ist, die Verbindung krystallisirt erhalten werden. In der Glühhitze zerfällt letztere in schwefelsaures Kali und Schwefelsäurehydrat, von welchem indeß ein Theil (unter Bildung von schwefliger Säure und Sauerstoff) weiter zersetzt wird. Das durch einfache Neutralisation von Schwefelsäure durch Kali erhaltene Salz heißt neutrales schwefelsaures Kali, die zuletzt beschriebene Verbindung, weil sie doppelt so viel Säure enthält als das neutrale Salz, zweifach schwefelsaures Kali, oder auch, da die Säure in ihm vorherrscht und gleichsam nicht vollständig mit Basis gesättigt ist, saures schwefelsaures ali. — Ein Zusatz von Kali bis zur neutralen Reaction zu saurem

schwefelsaurem Kali verwandelt es natürlich in neutrales. — Eine ähnliche Verbindung mit Schwefelsäurehydrat existirt vom schwefelsauren Natron, saures schwefelsaures Natron.

Schweflige Säure. Kocht man gewisse Metalle, z. B. Kupfer, Quecksilber ꝛc., mit Schwefelsäurehydrat, so entwickelt sich ein Gas, welches sich durch seinen Geruch als schweflige Säure documentirt (§. 11). Man kann diesen Versuch benutzen, um große Mengen von schwefligsaurem Gas oder von der Auflösung desselben in Wasser darzustellen. Stellt man ihn mit Kupfer und Schwefelsäurehydrat an, so scheidet sich, wenn die Gasentwickelung einige Zeit gedauert hat, eine weißliche, in Wasser mit blauer Farbe leicht lösliche Salzmasse ab. Bei fortgesetztem Kochen bleibt dieselbe zuletzt, mit unveränderten Kupfertheilen vermengt, allein zurück. Aus einer concentrirten wässerigen Lösung derselben schießt das Salz leicht in schön blauen Krystallen an. Die Auflösung desselben zeigt mit salpetersaurem Barytumoxyd einen großen Gehalt an Schwefelsäure an. In der Wärme giebt das Salz zuerst Krystallwasser aus und in sehr starker Hitze wird auch die Schwefelsäure (unter Zersetzung) ausgetrieben, wobei ein schwarzer Körper zurückbleibt. Letzterer bildet, im Wasserstoffstrome (§. 19) erhitzt, Wasser und metallisches Kupfer, ist also Kupferoxyd. Das blaue, krystallisirte Salz muß daher schwefelsaures Kupferoxyd sein.

Die Schwefelsäure giebt also beim Kochen mit Kupfer einen Theil ihres Sauerstoffs an dasselbe ab, verwandelt es in Kupferoxyd und wird selbst zu schwefliger Säure. Das gebildete Kupferoxyd verbindet sich darauf mit einer noch unzersetzten Quantität Schwefelsäure. Nachstehendes Schema giebt eine übersichtliche Darstellung des Processes; das Wasser des Schwefelsäurehydrats ist darin unberücksichtigt geblieben, weil es auf den Proceß selbst keinen Einfluß hat.

Schwefelsäure		Schweflige Säure + Sauerstoff		Schweflige Säure	
Schwefelsäure	+ =	Schwefelsäure	+ =	Schwefelsäure	+ =
Kupfer		Kupfer		Kupfer + Sauerstoff.	

Schweflige Säure		Schweflige Säure.
Schwefelsäure	+ =	Schwefelsaures Kupferoxyd.
Kupferoxyd		

Die schweflige Säure enthält also auf gleichviel Schwefel eine geringere Menge Sauerstoff als die Schwefelsäure; daß sie aber überhaupt Sauerstoff enthält, zeigt ihre Entstehung beim Verbrennen von Schwefel in Sauerstoff.

§. 24.

Schwefelwasserstoff. Uebergießt man Schwefeleisen (§. 1) mit verdünnter Schwefelsäure, so entwickelt sich ein farbloses, äußerst übel, faulen Eiern ähnlich riechendes Gas. Dasselbe wird von Wasser absorbirt, und die Lösung hat einen dem Geruche entsprechenden übeln, fauligen Geschmack. An der Luft läßt es sich entzünden und verbrennt mit schwach leuchtender, bläulicher Flamme, unter Verbreitung eines Geruchs nach schwefliger Säure. Hält man ein trocknes Glas über das brennende Gas, so beschlägt sich dasselbe mit Wasser. Wird das Gas in einem Eudiometer mit seinem ein- und einhalbfachen Volumen Sauerstoff gemengt, so explodirt es durch den elektrischen Funken, es tritt eine Volumverminderung des Gasgemenges ein und eine geringe Quantität Wasser beschlägt die Wandung der Röhre. Das übrig gebliebene Gas zeigt alle Eigenschaften der schwefligen Säure und wird von Wasser vollständig absorbirt. Außer Wasser und schwefliger Säure wird bei diesem Versuche nichts gebildet; wird das Gas (beim Durchleiten durch eine Glasröhre) für sich erhitzt, so zerfällt es in Schwefel und Wasserstoff, es besteht daher nur aus diesen beiden Elementen, — Schwefelwasserstoff.

Das Schwefeleisen löst sich bei der Darstellung des Schwefelwasserstoffs auf, und man kann aus der erhaltenen Flüssigkeit schwefelsaures Eisenoxydul darstellen (auf ähnliche Weise wie S. 39 die Darstellung des schwefelsauren Kupferoxyds gelehrt worden ist). Bei diesem Versuche wird daher aus Wasser und Schwefeleisen Schwefelwasserstoff und Eisenoxydul gebildet, welches letztere sich mit der Säure verbindet.

Wasser Schwefeleisen Schwefelsäure	+ =	Wasserstoff + Sauerstoff Eisen + Schwefel Schwefelsäure	+ =	
Wasserstoff + Schwefel Eisen + Sauerstoff Schwefelsäure	+ =	Schwefelwasserstoff Eisenoxydul Schwefelsäure	+ =	Schwefelwasserstoff Schwefelsaures Eisenoxydul.

Der Schwefelwasserstoff bildet sich beim Verfaulen vieler organischen, besonders thierischer Stoffe, z. B. der Eier, — ein Beweis, daß diese Stoffe Schwefel enthalten.

Man hat sich durch Versuche mit Thieren überzeugt, daß das Einathmen größerer Mengen reinen Schwefelwasserstoffgases einen fast augenblicklichen Tod zur Folge hat, etwas geringere Mengen bewirken Schwindel und Ohnmachten; ist es nur in sehr geringer Menge der atmosphärischen Luft beigemengt, so macht es sich mehr durch den Geruch als durch

Erzeugen von Uebelbefinden bemerklich; längerer Aufenthalt in solcher Luft ist jedoch stets von gesundheitsnachtheiligem Einfluß.

Leitet man trocknes Schwefelwasserstoffgas über eine gewogene Menge geschmolzenen Zinns (Fig. 11), so verwandelt sich dieses unter Gewichtszunahme in einen schwärzlich grauen Körper, welcher mit verdünnter Schwefelsäure beim Kochen, gerade so wie Schwefeleisen, Schwefelwasserstoff entwickelt. Da man nun durch Zusammenerhitzen von Schwefel und Zinn einen ganz ähnlichen Körper erhalten kann, so schließen wir, daß er nur diese beiden Bestandtheile enthalte. Er ist Schwefelzinn. So wird dem Schwefelwasserstoffgas noch durch mehrere andere Metalle, z. B. durch Cadmium, Kupfer und Silber, durch die beiden letzteren schon in gewöhnlicher Temperatur, Schwefel entzogen und natürlich der Wasserstoff in Freiheit gesetzt.

Wird jedoch ein Metalloxyd, z. B. Bleioxyd, in einem Strome von Schwefelwasserstoffgas erhitzt, so setzt sich an dem kälteren Theile der Röhre Wasser ab, und in der Kugel bleibt schwarzes Schwefelblei.

{Schwefelwasserstoff, Bleioxyd} + = {Schwefel + Wasserstoff, Blei + Sauerstoff} + =
{Schwefel + Blei, Wasserstoff + Sauerstoff} + = {Schwefelblei, Wasser}

In einer Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd bildet sich beim Hinzutreten von Schwefelwasserstoff ebenfalls Schwefelblei als schwarzer Niederschlag, während Salpetersäure aufgelöst bleibt.

{Salpetersaures Bleioxyd, Schwefelwasserstoff} + = {Salpetersäure + (Blei + Sauerstoff), Schwefel + Wasserstoff} + =
{Salpetersäure, Blei + Schwefel, Wasserstoff + Sauerstoff} + = {Salpetersäure, Schwefelblei, Wasser}

Aehnliche Erscheinungen zeigen auch manche andere aufgelöste Metallsalze z. B. Kupfer-, Silber- rc. Salze.

Das Vereinigungsstreben zwischen Wasserstoff und Sauerstoff einerseits, und Metall und Schwefel andererseits zeigt sich bei diesen Versuchen so mächtig, daß das mit der Säure verbundene Metalloxyd durch das Zusammentreffen mit Schwefelwasserstoff von der Säure getrennt wird, um mit dem Schwefelwasserstoff sich zu zersetzen.

Leitet man Schwefelwasserstoff in Schwefelsäurehydrat, so wird Schwefel in Gestalt eines feinen, weißgelben Pulvers unter Bildung von schwefliger Säure abgeschieden. Letztere entsteht aus der Schwefelsäure, indem

diese einen Theil ihres Sauerstoffs an den Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs abtritt.

Schwefelsäure } + = { Schweflige Säure + Sauerstoff } + =
Schwefelwasserstoff } + = { Schwefel + Wasserstoff } + =

{ Schweflige Säure
{ Wasserstoff + Sauerstoff
{ Schwefel

Die Auflösung von Schwefelwasserstoff in Wasser verhält sich in chemischer Hinsicht dem reinen Gase sehr ähnlich. Beim Vermischen mit einer Metallsalzlösung scheidet sie ebenfalls häufig Schwefelmetall daraus ab, während die Säure frei wird. — Steht die Auflösung längere Zeit an der Luft, so verliert sie vollständig ihren Geruch, und fein vertheilter Schwefel wird abgeschieden. Der Wasserstoff ist dann auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs oxydirt worden.

§. 25.

Vorkommen der Schwefelverbindungen in der Natur. In vulcanischen Gegenden wird nicht allein Schwefel gefunden, sondern kommen oft auch, freilich nur in geringer Menge, die erwähnten Verbindungen desselben mit Sauerstoff und Wasserstoff vor. In Toscana und Neapel steigen an manchen Stellen Wasserdampfströme, die sogen. Fumarolen, aus der Erde empor, welche häufig schweflige Säure oder auch Schwefelwasserstoff enthalten; im Rio Vinagre (Essigfluß, am Fuße des vulcanischen Berges Puracé in Neu-Granada) findet sich freie Schwefelsäure, welche dem Wasser einen sauren Geschmack ertheilt. — Schwefelwasserstoff ist außerdem ein Bestandtheil mancher Mineralquellen — Schwefelwasser, Faulwasser.

Bei weitem häufiger aber kommen in der Natur schwefelsaure Salze vor. Gyps z. B., welcher sich in größeren Mengen zwischen kalkigen und thonigen Gebirgslagern findet, ist krystallwasserhaltiges schwefelsaures Calciumoxyd; ferner Schwerspath, der in einzelnen Lagen und Adern, sogenannte Gangarten bildend, viele Gesteinsmassen durchzieht, ist schwefelsaures Baryumoxyd. Auch die Vitriole finden sich hin und wieder im Inneren der Erde.

Schwefelmetalle bilden sehr häufig die sogenannten Erzgänge und sind für manche Metalle das hauptsächlichste Material einer fabrikmäßigen Gewinnung:

Schwefelkies = Eisen + Schwefel.
Bleiglanz = Blei + Schwefel.

Kupferglanz = Kupfer + Schwefel.
Zinkblende = Zink + Schwefel.

Kupferkies ist eine Verbindung von Schwefelkupfer mit Schwefeleisen.

§. 26.

Selen und Tellur sind zwei dem Schwefel in chemischer Beziehung sehr nahestehende Elemente.*)

§. 27.

Stickstoff.

Darstellung. Wenn man in eine Wasser enthaltende Glasschüssel mit ebenem Boden einen etwas massiven, kurzen, ebenfalls Wasser enthaltenden Glascylinder stellt, der als Träger einer kleinen Porcellanschale dient, sodann auf letzterer ein Stück Phosphor entzündet und nun eine größere, im Inneren befeuchtete Glasglocke so darüber stülpt, daß dieselbe völlig durch Wasser abgeschlossen wird, so hört der Phosphor nach einiger Zeit auf zu brennen. Aller Sauerstoff muß dann aus der abgeschlossenen Luft verschwunden sein. Das Wasser ist zwar etwas in der Glocke in die Höhe gestiegen, allein den größten Theil derselben füllt, nachdem die gebildete Phosphorsäure von dem Wasser aufgelöst worden ist, noch eine farb-, geruch- und geschmacklose Luftart aus, welche bisher nicht chemisch zerlegt werden konnte. Sie ist nicht brennbar wie der Wasserstoff und verhindert das Verbrennen anderer Körper. Da in ihr das Athmen unmöglich ist, so hat man sie Stickstoff genannt. Sie ist der Körper, dessen Gegenwart in der Luft schon in §. 16 erwähnt wurde.

Wenn man in einem Eudiometer reine Luft, welche durch Chlorcalcium getrocknet worden ist, mit Wasserstoff mengt und explodirt, so findet man, daß auf 100 Raumtheile Luft 63 Theile Gas verschwinden, welche 21 Theile Sauerstoff enthalten (§. 19).

Die Atmosphäre besteht also aus 21 Raumtheilen Sauerstoff und 79 Raumtheilen Stickstoff, und dieses Verhältniß zeigt sie in jeder Tages- und Jahreszeit, in jeder Gegend der Erde und in jeder Höhe über der Erdoberfläche.

Mit jedem Athemzuge ziehen wir also mehr als dreimal so viel Stickstoff als Sauerstoff ein. Da er aber nicht wie dieser im Körper zu chemischen Verbindungen verwandt wird, so tritt er beim Ausathmen unvermindert und unverändert wieder in die Luft. —

*) Zu Ende des vorigen und zu Anfang des laufenden Jahrhunderts liebten es die Chemiker, die Namen neu entdeckter Elemente von denen der Planeten und ihrer Trabanten herzuleiten. Tellus Erde, σελήνη Mond.

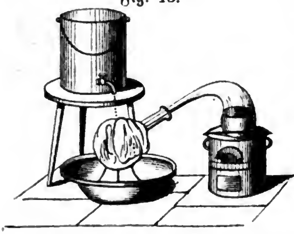
Mineralien, in denen Stickstoff enthalten ist, spielen in der festen Erdmasse eine sehr untergeordnete Rolle, allein in der Pflanzen- und Thierwelt ist dieses Element in den mannigfaltigsten Substanzen gefunden worden.

§. 28.

Oxydationsstufen des Stickstoffs. Der Stickstoff hat ein weit geringeres Streben, chemische Verbindungen einzugehen als die meisten übrigen Elemente, und keine seiner Oxydationsstufen läßt sich unmittelbar durch Zusammenbringen desselben mit Sauerstoff darstellen.

Salpetersäure. Es kommt in der Natur (z. B. in einigen Gegenden von Peru und Chili) ein fester, weißer Körper vor, dem man den Namen Chilisalpeter gegeben hat. Wird dieser mit Schwefelsäurehydrat in einer Retorte, Fig. 13, erwärmt, mit welcher eine durch Wasser abgekühlte Vorlage verbunden ist, so destillirt in letztere eine stark saure, gelblich gefärbte Flüssigkeit über. Erhitzt man diese gelinde, so entweicht eine gewisse Menge eines röthlichen Rauches, und die Säure wird, namentlich wenn dabei Kohlensäuregas oder atmosphärische Luft durch dieselbe geleitet wird, farblos.

Fig. 13.



Wenn man bei diesem Versuche genau so viel Schwefelsäurehydrat anwendet, als nöthig ist, um aus dem Chilisalpeter die ganze Menge jener sauren Flüssigkeit zu erhalten, so bleibt in der Retorte ein fester, weißer, wasserfreier Körper zurück, der sich in Wasser leicht auflöst und Schwefelsäure enthält, wie man sich durch salpetersaures Barymoxyd leicht überzeugen kann (S. 38). Er krystallisirt in der Kälte aus einer bei 30° gesättigten Lösung in Krystallen, welche an der Luft verwittern (S. 34) und vollkommen identisch sind mit denjenigen, die man durch Auflösen von Natron (S. 31) in verdünnter Schwefelsäure bis zur neutralen Reaction und Auskrystallisirenlassen erhält; er muß also schwefelsaures Natron und zwar, worauf besonders Gewicht zu legen ist, wasserfreies schwefelsaures Natron sein.

Schon hieraus nämlich läßt sich vermuthen, daß das Wasser des angewandten Schwefelsäurehydrats in der überdestillirten Flüssigkeit enthalten ist. Völlige Gewißheit erhält man aber darüber durch folgenden Versuch. Eine Glasröhre, in welcher Stücke metallischen Kupfers im Glühen erhalten werden, ist am einen Ende mit einer Retorte, die die in Rede stehende Flüssigkeit enthält, und am anderen Ende mit einer abgekühlten Vorlage

verbunden, die eine Gasleitungsröhre trägt. Verwandelt man die Flüssigkeit in der Retorte durch Kochen in Gas, so kommt letzteres mit dem glühenden Kupfer in Berührung, und nun beobachtet man, daß sich in der Vorlage reines Wasser ansammelt. Zugleich entweicht aus dem Gasleitungsrohre Stickstoff und das metallische Kupfer überzieht sich mit Kupferoxyd. Das in der Flüssigkeit enthaltene Wasser ist aber in chemischer Verbindung darin vorhanden, denn beim Erwärmen läßt es sich nicht daraus austreiben, sondern die Flüssigkeit fängt bei 86° an zu sieden und destillirt bei dieser Temperatur unverändert und vollständig über. — Daher rührt ihr Name, Salpetersäurehydrat. Die wasserfreie Salpetersäure, welche, wie aus dem zuletzt erwähnten Versuche hervorgeht, aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, läßt sich nur auf eine Art und Weise darstellen, die erst später verständlich und daher hier übergangen wird.

Hiernach muß man nun schließen, daß der Chilisalpeter salpetersaures Natron ist, und durch Schwefelsäurehydrat auf folgende Weise zersetzt wird:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Salpetersäure} + \text{Natron}\\ \text{Schwefelsäure} + \text{Wasser}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Schwefelsäure} + \text{Natron}\\ \text{Salpetersäure} + \text{Wasser}\end{array}\right.$$

Der erwähnte rothe Rauch kann diese Schlußfolgerung nicht alteriren, denn er entsteht auch, wenn man reines Salpetersäurehydrat mit Schwefelsäurehydrat kocht, und daß er bei obigem Versuch nicht anders als durch Zersetzung eines Theiles der Salpetersäure entstanden ist, beweist noch folgendes Experiment.

Löst man Natron bis zur neutralen Reaction in mit Wasser verdünnter, reiner Salpetersäure auf, so erhält man durch Abdampfen Krystalle von salpetersaurem Natron. Wenn man dieses Salz mit Schwefelsäurehydrat genau so der Destillation unterwirft, wie es oben vom Chilisalpeter erwähnt wurde, so erhält man in der Retorte wasserfreies schwefelsaures Natron und in der Vorlage Salpetersäurehydrat, welches jedoch ebenfalls durch solchen rothen Rauch gefärbt erscheint. Das künstlich erzeugte salpetersaure Natron enthält nichts Fremdes außer Natron und Salpetersäure, woraus jener rothe Körper entstehen könnte.

Salpetersaures Kali, durch Auflösung von Kali in verdünnter Salpetersäure erzeugt, ein Salz, welches unter dem Namen gewöhnlicher Salpeter in den Gewerben vielfach im Gebrauche ist (zu diesem Zwecke freilich auf eine andere, später genauer zu beschreibende Weise gewonnen wird), liefert bei der Destillation mit Schwefelsäurehydrat leicht eine noch weit größere Menge des rothen Rauches. Die Bildung des letzteren läßt

sich übrigens bei Anwendung beider Salpeterarten fast ganz vermeiden, wenn sie mit soviel Schwefelsäurehydrat destillirt werden, daß saure schwefelsaure Salze entstehen können. (S. 38.)

Aus der Luft zieht das Salpetersäurehydrat noch mehr Wasser an und stößt dabei einen weißen Rauch aus, der auf ganz ähnliche Weise, wie der aus der wasserfreien Schwefelsäure (S. 37) entsteht. Es ist eine sehr ätzende Flüssigkeit, welche organische Stoffe gelb färbt und zerstört.

Stickoxydgas. Wenn man in eine Flasche, Fig. 6, Kupferstücke bringt, und Salpetersäurehydrat, das mit etwa dem doppelten Gewicht Wasser verdünnt ist,*) darauf gießt, so beginnt eine lebhafte Gasentwickelung. Man beobachtet zunächst ein dunkelrothes, stark sauer reagirendes Gas. Versucht man dasselbe aber über Wasser in einem Glascylinder aufzufangen, so wird es, wie man daran sieht, daß das Wasser eine saure Reaction annimmt, von dem Wasser absorbirt, und es sammelt sich in dem Cylinder eine so große Menge eines farblosen Gases an, daß man sieht, das rothe Gas war nur eine geringe Beimengung und das farblose das Hauptproduct der Einwirkung des Salpetersäurehydrats auf Kupfer. Auch entsteht ersteres nur zu Anfang des Versuches, später, wo indessen die Entwickelung meistens nur unter Mithülfe von Wärme erfolgt, bildet sich nur farbloses Gas. Letzteres ist in Wasser unlöslich und reagirt völlig neutral. Manche brennende Körper, wie Schwefel, verlöschen darin, andere brennen darin mit erhöhetem Glanze fort, Phosphor z. B. unter Bildung von Phosphorsäure. Das Gas muß deswegen Sauerstoff enthalten.

Die Flüssigkeit in der Flasche wird blau, und setzt, bis zu einem bestimmten Grade abgedampft, eine feste blaue Salzmasse ab, aus der man durch Destillation mit Schwefelsäurehydrat Salpetersäurehydrat erhält. Das Salz muß also ein salpetersaures sein, und da es sich beim Erhitzen für sich in schwarzes Kupferoxyd verwandelt, ist seine Basis Kupferoxyd. Da dem farblosen Gase kein Wasserstoff beigemengt ist, so kann nur die Salpetersäure den Sauerstoff zur Bildung dieses Oxyds abgegeben haben; die Salpetersäure zerfällt demnach in Berührung mit Kupfer in jenes Gas und Sauerstoff. Das Gas ist daher eine niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs als die Salpetersäure. Da es keine saure Eigenschaften besitzt, so nennt man es Stickstoffoxydgas oder Stickoxydgas.

*) Gewöhnliche käufliche Säure von 1,2 spec. Gewicht.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Salpetersäure}\\\text{Salpetersäure}\\\text{Kupfer}\end{array}\right\}+=\left\{\begin{array}{l}\text{Stickoxyd + Sauerstoff}\\\text{Salpetersäure}\\\text{Kupfer}\end{array}\right\}+=\left\{\begin{array}{l}\text{Stickoxydgas}\\\text{Salpetersäure}\\\text{Kupfer + Sauerstoff}\end{array}\right\}+=\left\{\begin{array}{l}\text{Stickoxydgas}\\\text{Salpetersaures Kupferoxyd.}\end{array}\right.$$

Auf die nämliche Weise, wie mit Kupfer, erzeugt die Salpetersäure mit den meisten Metallen Stickoxyd und löst sie als salpetersaure Salze auf (z. B. mit Quecksilber, welches in der Kälte salpetersaures Quecksilberoxydul bildet); nur Gold und Platina werden nicht von ihr verändert. Weil man diese daher von allen anderen Metallen durch Salpetersäure abscheiden kann, heißt sie auch *Scheidewasser*.

Untersalpetersäure und salpetrige Säure. Läßt man Sauerstoff zu Stickoxyd treten, so entsteht ein tief dunkelroth gefärbtes, sauer reagirendes Gas. Diese neue Verbindung besitzt die Eigenthümlichkeit, daß außer ihrem Aggregatzustande auch ihre Farbe von der Temperatur abhängig ist. In sehr stark (bis zu — 20°) abgekühlten Gefäßen setzen sich aus dem Gemenge von Stickoxyd und Sauerstoff, vorausgesetzt, daß die Menge des letzteren nicht zu gering ist, farblose Krystalle ab, welche in etwas höherer Temperatur (bei — 9°) zu einer fast völlig farblosen Flüssigkeit schmelzen. Letztere wird bei weiterem Erwärmen erst gelb, dann orangefarben, bis sie sich, bei 22° siedend, in die tief rothbraunen Dämpfe verwandelt. Diese Verbindung ist offenbar eine höhere Oxydationsstufe des Stickstoffs als das Stickoxyd. Wird salpetersaures Bleioxyd der Glühhitze ausgesetzt, so entsteht daraus neben zurückbleibendem Bleioxyd und neben Sauerstoff das rothe Gas ebenfalls. Da sich demnach Salpetersäure in Sauerstoff und den in Rede stehenden Körper zerlegen läßt, *so muß letzterer eine niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs sein als die Salpetersäure, also zwischen dieser und dem Stickoxydgas stehen. Er heißt Untersalpetersäure.*

Diese Untersalpetersäure entsteht jedesmal, wenn Stickoxydgas mit einem Ueberschuß von Sauerstoff oder Luft zusammen trifft und die dicken rothen Dämpfe, welche beim Uebergießen von Metallen mit Salpetersäurehydrat entstehen, sind Untersalpetersäure, welche sich aus dem zuerst entstandenen Stickoxyd erzeugt, sobald es an die Luft tritt; daher erklärt sich auch, daß bei der Darstellung des Stickoxyds dem letzteren Gase so lange, als noch Luft in dem betreffenden Gefäße vorhanden ist, Untersalpetersäure beigemengt ist.

Salpetersäuredämpfe zerfallen, wenn sie durch ein bis zur Rothgluth erhitztes Rohr geleitet werden, in Untersalpetersäure, Wasser, und Sauer-

stoff. Dieselbe Zersetzung bringt das Sonnenlicht in der Salpetersäure in geringerem Maßstabe hervor, weswegen dieselbe von aufgelöster Untersalpetersäure stets etwas gelb gefärbt erscheint, wenn sie nicht an einem dunkeln Orte aufbewahrt wird. Auch die bei der Darstellung des Salpetersäurehydrats aus salpetersaurem Natron oder Kali auftretenden rothen Dämpfe sind Untersalpetersäure.

Es existirt noch eine dritte saure Oxydationsstufe des Stickstoffs, die salpetrige Säure. Dieselbe entsteht, ebenfalls in Form von braunrothen Dämpfen, wenn Sauerstoff zu einem großen Ueberschuß von Stickoxydgas gebracht wird, und läßt sich durch starke Abkühlung in eine blaue Flüssigkeit verwandeln. Auf gleichviel Stickstoff enthält sie mehr Sauerstoff als das Stickoxyd und weniger als die Untersalpetersäure.

Alle salpetersauren Salze werden in starker Hitze zersetzt, die meisten ähnlich wie das salpetersaure Bleioxyd; salpetersaures Kali und salpetersaures Natron dagegen zerfallen in Sauerstoff und salpetrigsaure Salze, welche in höherer Temperatur weiter zersetzt werden in Sauerstoff, Stickstoff und zurückbleibendes Kaliumoxyd und Natriumoxyd.

Da uns das Vorstehende gelehrt hat, wie sehr die chemischen Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff in ihren Eigenschaften von ihren beiden Bestandtheilen abweichen, so müssen wir annehmen, daß die atmosphärische Luft, die den Sauerstoff mit allen seinen charakteristischen Eigenschaften unverändert enthält, nur ein Gemenge von Stickstoff mit Sauerstoff ist.

§. 29.

Phosphor.

Der weiße, wachsartige, eigenthümlich riechende Körper, welcher unter dem Namen Phosphor (von φῶς, Licht und φέρω, ich trage, Lichtträger) im Handel zu haben ist, hat noch nicht chemisch zerlegt werden können. In Berührung mit der Luft verbreitet er einen eigenthümlichen Geruch und stößt er weiße Nebel aus, indem sich seine Masse immer mehr und mehr vermindert; im Dunkeln leuchtet er dabei. Er ist sehr leicht entzündlich; schon eine sehr geringe Erwärmung (60°), ein starkes Reiben, ein heftiger Stoß vermag ihn in lebhaft glänzende Flammen zu versetzen, welche sich in einen dicken, weißen Rauch verwandeln und auf eine äußerst schmerzhafte Weise verwunden können. Dieser leichten Entzündlichkeit wegen muß er stets unter Wasser aufbewahrt werden. Erhitzt man ein Stückchen Phosphor in Wasser, so schmilzt er viel früher, als das Wasser in's Kochen geräth (bei 44°). Wollte man Phosphor in einer Retorte, deren Hals in einer Vorlage unter Wasser mündet, erhitzen, um zu

versuchen, ob er sich ähnlich wie Schwefel destilliren läßt, so würde er sich, so lange noch irgend eine Spur von Luft in den Gefäßen vorhanden wäre, entzünden. Leitet man aber dabei durch die Retorte irgend ein Gas, welches keinen Sauerstoff enthält, etwa Wasserstoffgas, so läßt sich der Phosphor (Siedepunkt = 290°) in ein farbloses Gas verwandeln, welches sich in der Vorlage zu einer allmälig erstarrenden Flüssigkeit verdichtet.

Der Phosphor ist im reinen Zustande durchscheinend und nur schwach gelb gefärbt; im Lichte aber bedeckt er sich nach und nach mit einer undurchsichtigen, weißen, erdigen Kruste, welche im directen Sonnenschein eine rothe Farbe annimmt. Bei dieser Veränderung, die der Phosphor auch im luftleeren Raume erleidet, wird er nicht schwerer; die weiße oder rothe Kruste ist daher nur äußerlich umgewandelter, chemisch reiner Phosphor.

In Wasser ist der Phosphor völlig unlöslich, in sehr geringer Menge löst er sich in Alkohol, Aether und in Oelen auf; in gewissen anderen Flüssigkeiten, von denen später ausführlicher die Rede sein wird (z. B. Schwefelkohlenstoff), löst er sich in ziemlicher Menge auf. Aus einer in der Wärme bereiteten derartigen Lösung scheidet er sich beim langsamen Erkalten in Krystallen aus. Er leitet die Elektricität nicht und ist äußerst giftig.

§. 30.

Oxydationsstufen des Phosphors. Phosphorsäure. Daß Phosphor im Sauerstoffgase zu Phosphorsäure verbrennt, ist schon in §. 8 gelehrt worden. Deckt man über brennenden Phosphor eine Glasglocke, so legt sich an die Wandung derselben weiße, schneeige Phosphorsäure an. Beim Vermischen mit Wasser erhitzt sich dieselbe lebhaft, löst sich auf und röthet Lackmuspapier. Sie vermag sich mit Basen zu verbinden; sie kann in der Hitze geschmolzen werden, läßt sich aber nicht leicht in Gas verwandeln und verbrennt, wenn auch das Erhitzen in offenen Gefäßen vorgenommen wird, nicht. Es ist überhaupt noch nicht gelungen, sie mit mehr Sauerstoff zu vereinigen; sie ist die höchste Oxydationsstufe des Phosphors. Sie bildet sich auch unter Entwickelung von Stickoxydgas, wenn man Phosphor mit Salpetersäurehydrat erwärmt und bleibt in Lösung als Phosphorsäurehydrat, welches durch Abdampfen der Flüssigkeit für sich erhalten werden kann.

Phosphorige Säure. Anders verhält sich der Phosphor, wenn er bei sehr spärlichem Luftzutritt verbrennt. Man kann dies vermitteln, wenn man ihn in einer horizontal gelegten Glasröhre erhitzt, welche an dem einen Ende bis auf eine ganz feine Oeffnung zugeschmolzen und andererseits auf den größten Theil ihrer Länge nach oben umgebogen ist. Es

zieht alsdann ein ganz schwacher Luftstrom durch die Röhre, und der Phosphor brennt darin auch nach Entfernung der Wärmequelle, mit welcher man ihn entzündet hat, mit grünlicher Flamme fort, welche aber bei weitem schwächer leuchtet, als wenn Phosphor an der offenen Luft angezündet wird. Die Phosphorflamme verwandelt sich dabei in einen weißen Rauch, und in dem aufwärts gebogenen, kälteren Theil der Röhre setzt sich ein fester, weißer Körper ab. Da der Phosphor bald erlischt, so muß er öfter von Neuem erhitzt werden, wenn man eine größere Menge des weißen Körpers erhalten will. Der letztere muß auch eine Verbindung von Phosphor und Sauerstoff sein; er löst sich leicht in Wasser zu einer Lackmuspapier röthenden, sauer schmeckenden Flüssigkeit, ist also auch eine Säure. Von der Phosphorsäure weicht er jedoch in einigen wesentlichen Eigenschaften bedeutend ab. Ist nämlich der kältere Theil der Röhre ziemlich lang, so kann man durch Erhitzen den weißen Körper leicht von einer Stelle nach einer kälteren treiben; er läßt sich also leicht in ein Gas verwandeln, das sich aber in niedriger Temperatur rasch wieder verdichtet. Wird er aus der Röhre an die feuchte Luft gebracht, so zieht er Wasser aus derselben unter starker Wärmeentwickelung an, entzündet sich in Folge dessen und verbrennt, natürlich unter Sauerstoffaufnahme, zu Phosphorsäure. Es ist dieser Körper, der aus dem Phosphor durch Verbrennen bei spärlichem Luftzutritt entsteht, also eine niedrigere Oxydationsstufe des Phosphors als die Phosphorsäure, er heißt phosphorige Säure.

Beim Kochen mit Salpetersäurehydrat verwandelt er sich ebenfalls unter Bildung von Stickoxydgas in Phosphorsäure.

In feuchter Luft verbreitet der Phosphor nicht allein einen weißen Rauch, sondern es sammelt sich auch eine farblose Flüssigkeit um ihn herum an. Diese kann man in größerer Menge erhalten, wenn man über ein Gefäß einen lose bedeckten Trichter setzt, in welchem Phosphorstücke liegen, die sich aber nicht berühren dürfen, weil sie sich sonst leicht entzünden.*) Durch Behandeln der sich alsdann in dem Gefäß ansammelnden Flüssigkeit mit Salpetersäure kann man sich leicht überzeugen, daß sie phosphorige Säure enthält. Die Verbrennung des Phosphors findet also schon bei gewöhnlicher Temperatur in geringerem Maße statt.

Der Phosphor hat noch eine niedrigere Oxydationsstufe, die unterphosphorige Säure, welche sich nicht direct aus Phosphor und Sauerstoff,

*) Die einzelnen Phosphorstangen werden in weite, an beiden Enden offene, unten spitz zulaufende Glasröhren gesteckt.

sondern nur auf Umwegen bildet und nur in Verbindung mit Basen oder mit Wasser bekannt ist.

§. 31.

Phosphorwasserstoff. Erwärmt man Phosphor mit Wasser und Aetzkalk in einer Gasentwickelungsflasche, so entwickelt sich ein sehr übelriechendes, in Wasser wenig lösliches Gas, das an der Luft sich von selbst entzündet und mit heller Flamme und weißem Rauche verbrennt. Läßt man durch das Gas wiederholt elektrische Funken schlagen, so wird es in Phosphor und Wasserstoffgas zersetzt, es muß also aus diesen beiden Elementen bestehen. —

Die Entstehung dieses Gases kann durch folgendes Schema erläutert werden:

Calciumoxyd + Wasser } + = { Calciumoxyd + (Sauerstoff + Wasserstoff) }
Phosphor + Phosphor } { Phosphor + Phosphor }

= { Calciumoxyd + (Phosphor + Sauerstoff) } +
{ Phosphor + Wasserstoff }

= { Calciumoxyd + unterphosphorige Säure } +
{ Phosphorwasserstoff }

= { unterphosphorigsaures Calciumoxyd }
{ Phosphorwasserstoff }

Das Phosphorwasserstoffgas entsteht wahrscheinlich auch beim Verfaulen mancher organischen Körper; so scheinen die Irrlichter verbrennendes Phosphorwasserstoffgas zu sein.

Beim Verbrennen an der Luft erzeugt das Gas Wasser und Phosphorsäure.

§. 32.

Rother Phosphor. Bereits in §. 29 ist erwähnt worden, daß der Phosphor unter dem Einflusse des Lichtes eine andere Beschaffenheit annimmt. Die allotropische, rothe Modification des Phosphors entsteht auch, wenn die farblose längere Zeit bei völligem Abschluß von Luft und Wasser, z. B. in einer mit Kohlensäure angefüllten Retorte, einer Temperatur von 250° ausgesetzt wird. Der so erhaltene Körper ist in den Flüssigkeiten, welche den gewöhnlichen Phosphor nach §. 29 auflösen, völlig unlöslich und weicht von dem letzteren auch in Bezug auf sein chemisches Vereinigungsstreben bedeutend ab. Er entzündet sich an der Luft nicht, selbst nicht bei gelindem Erwärmen, auch nicht beim Reiben, er verbreitet daher weder Rauch noch Geruch, leuchtet nicht im Dunkeln, braucht nicht unter Wasser aufbewahrt zu werden und ist nicht giftig.

In einer Temperatur von 260° geht der rothe Phosphor wieder in farblosen über, daher, wenn man ihn an der Luft in diese Temperatur versetzt, unter lebhafter Flammenverbrennung Phosphorsäure erzeugt wird.

Verbrennt man ein Stückchen Phosphor an der Luft, so bleibt nach vollendeter Verbrennung stets ein geringer Flecken von rothem Phosphor zurück.

Bei der oben erwähnten Darstellungsweise erhält man den rothen Phosphor als amorphes Pulver, und man war früher der Ansicht, derselbe könne überhaupt nicht krystallisirt erhalten werden, weshalb man ihn auch amorphen Phosphor nannte. Später fand man jedoch, daß er sich nach einem an einem anderen Orte zu besprechenden Verfahren allerdings auch krystallisirt darstellen läßt.

§. 33.

Vorkommen des Phosphors in der Natur. Der Phosphor wird in der Natur immer nur in Verbindung mit anderen Körpern, und zwar zunächst mit Sauerstoff, zu Phosphorsäure vereinigt, in phosphorsauren Salzen angetroffen. Im Mineralreiche findet man phosphorsaures Calciumoxyd (Apatit, Phosphorit, Staffelit), — Eisenoxyd, — Kupferoxyd ꝛc. —. Die Samen vieler Pflanzen, z. B. die Körner der Cerealien, enthalten phosphorsaure Salze, und die Knochen der Thiere bestehen zum großen Theil aus phosphorsaurer Kalkerde. Wie man aus diesen Körpern künstlich den Phosphor erzeugen kann, soll später gelehrt werden.

§. 34.

Arsenik.

Es wird hin und wieder in der Erde ein fester, stahlgrauer, glänzender Körper gefunden, welcher im Handel den Namen Scherbenkobalt besitzt; sein wissenschaftlicher Name ist Arsenik*). Derselbe konnte bis jetzt noch nicht chemisch zerlegt werden. Erhitzt man ihn in einer Retorte, so vermindert sich seine Masse, während sich an den kälteren Theilen des Glases ein grauer, lebhaft spiegelnder Beschlag bildet; zuletzt bleiben an der erhitzten Stelle nur verunreinigende Beimengungen zurück. Das Arsenik ist also ein flüchtiger Körper. Schmelzen kann man es aber nicht, und wir schließen hieraus, daß die Temperatur, bei welcher es flüssig werden würde, so nahe zusammenfällt mit der, bei welcher es Gasgestalt annimmt, daß man beim Experimentiren beide nicht von einander trennen kann.

Das Arsenik ist eins der heftigsten Gifte.

*) Dieser Name stammt aus dem Alterthume, in welchem er für einige natürliche Verbindungen des Arseniks gebräuchlich war.

§. 35.

Oxydationsstufen des Arseniks. Arsenige Säure. Beim Erhitzen an der Luft verbrennt das Arsenik mit schwach leuchtender, bläulicher Flamme unter Entwickelung eines dicken, weißen Rauches und eines durchdringenden, an Knoblauch erinnernden Geruches.

Leitet man über erhitztes Arsenik Sauerstoffgas oder nur atmosphärische Luft so, daß man den weißen Rauch auffangen kann, so verdichtet sich derselbe zu einem weißen Pulver, welches beim Erhitzen in einem Strome von Wasserstoff Wasser und Arsenik bildet — also eine Verbindung von Arsenik mit Sauerstoff ist. Dieser Körper ist ebenfalls sehr giftig, er wird im Leben gewöhnlich fälschlich weißes Arsenik genannt. Durch starkes Erwärmen läßt er sich in ein Gas verwandeln und in Wasser ist er etwas löslich. Die Lösung röthet Lackmuspapier. In einer Auflösung von Kali ist der Körper in viel größerer Menge löslich, und aus einer gesättigten Lösung der Art kann man ein festes Salz erhalten, welches sich wieder unzersetzt und leicht in Wasser auflöst. Wenn diese Lösung mit Schwefelsäure vermischt wird, so scheidet sich der aus Arsenik und Sauerstoff bestehende Körper unverändert wieder aus, während in der Flüssigkeit schwefelsaures Kali aufgelöst bleibt. Das Salz besteht demnach aus Kali und jener Sauerstoffverbindung des Arseniks. Letztere hat also alle Eigenschaften einer Säure; sie ist, wie wir sogleich sehen werden, nicht die einzige oder die höchste Sauerstoffverbindung des Arseniks und hat daher den Namen **arsenige Säure.**

Arseniksäure. Kocht man nämlich arsenige Säure mit Salpetersäurehydrat längere Zeit, so erhält man durch Abdampfen der Flüssigkeit eine syrupdicke Flüssigkeit, aus welcher sich allmälig farblose Krystalle absetzen. Letztere bilden das Hydrat einer Säure, enthalten aber noch Krystallwasser. Beim Erhitzen verlieren sie zuerst das Krystallwasser, in stärkerer Hitze auch das Hydratwasser und in voller Rothgluth zerfällt der Rückstand in arsenige Säure und Sauerstoff. Diese Säure ist also eine höhere Oxydationsstufe des Arseniks als die arsenige Säure — Arseniksäure.

§. 36.

Arsenikwasserstoff. Mischt man arsenige Säure mit verdünnter Schwefelsäure und gießt man die Flüssigkeit in eine Gasentwickelungsflasche, in welcher sich Zink befindet, so entbindet sich ein höchst unangenehm riechendes, sehr giftiges Gas, welches beim Anzünden an der Luft mit weißer Flamme und starkem, weißem Rauche verbrennt. Hält man über die Flamme ein trockenes Glas, so setzen sich darin arsenige Säure und Wasser

ab. Erhitzt man eine Stelle der Gasleitungsröhre, so schlägt sich in ihrer Nähe im Inneren ein Arsenikspiegel nieder, während sich, wenn die erhitzte Stelle groß genug ist, reines Wasserstoffgas entwickelt. Das Gas besteht also aus Arsenik und Wasserstoff. — **Arsenikwasserstoff.** Hält man in die Flamme des Gases einen kalten weißen Körper, etwa eine Porcellanscherbe, so bildet sich darauf ein schwarzer Flecken von Arsenik. Bei der Temperaturerniedrigung, welche dadurch eintritt, verbrennt also nur der Wasserstoff. —

Die Flüssigkeit, welche bei der Darstellung des Arsenikwasserstoffs in der Gasentwickelungsflasche zurückbleibt, enthält außer etwa überschüssiger Schwefelsäure und arseniger Säure nur schwefelsaures Zinkoxyd aufgelöst; die übrige arsenige Säure hat bei dem geschilderten Zersetzungsproceß, ebenso wie das Wasser, allen Sauerstoff zur Oxydation des Zinks abgegeben.

(Schwefelsäure, Schwefelsäure, Zink + Zink, Wasser, Arsenige Säure) + = (Schwefelsäure, Schwefelsäure, Zink + Zink, Wasserstoff + Sauerstoff, Arsenik + Sauerstoff) + =

(Schwefelsäure, Schwefelsäure, Zink + Sauerstoff, Zink + Sauerstoff, Arsenik + Wasserstoff) + = (Schwefelsaures Zinkoxyd, Schwefelsaures Zinkoxyd, Arsenikwasserstoff.)

§. 37.

Schwefelarsenik. Leitet man in eine Auflösung von arseniger Säure in verdünnter Schwefelsäure Schwefelwasserstoff, so bildet sich ein gelber Niederschlag. Derselbe ist Schwefelarsenik.

§. 38.

Das Antimon*) ist ein in seinem chemischen Verhalten dem Arsenik sehr ähnliches Element. Aeußerlich unterscheidet es sich von demselben vornehmlich dadurch, daß es in höherer Temperatur zwar ziemlich leicht schmilzt, aber nur sehr schwierig gasförmig gemacht werden kann.

*) Die Abstammung dieses Namens ist unbekannt; die Angabe, daß er aus dem griechischen ἀντί, gegen, und dem französischen moine, Mönch, abgeleitet worden sei, ist unwahrscheinlich.

§. 39.

Kohlenstoff.

Es ist schon früher (§. 1) erwähnt worden, daß bei längerem Erhitzen des Zuckers ein fester, schwarzer Körper, die Kohle, zurückbleibt, der ein chemisches Element ist. Aehnlich verhalten sich fast alle organischen Körper. Angezündetes Holz verbrennt bis auf etwas Asche vollkommen, wenn die Luft ganz ungehindert Zutritt zu ihm hat. Ist dieser Zutritt aber sehr beschränkt (Holzkohlenmeiler), so bleibt schwarze Kohle zurück, welche die Asche in sich einschließt. In den Schornsteinen setzt sich aus dem Rauche, den Holz oder Steinkohlen 2c. beim Verbrennen erzeugen, der sogenannte Ruß ab, der zum größten Theile aus Kohle besteht. Der Ruß, der sich aus verbrennendem Terpentinöl absetzt, wenn man die Flamme gegen eine kalte Fläche, z. B. gegen eine mit Wasser angefüllte Porcellanschale schlagen läßt, und auch der Kienruß, welcher sich aus dem Rauche von der Verbrennung harzreicher Theile von Nadelhölzern absetzt, wenn diese Verbrennung bei unvollkommenem Luftzutritt ausgeführt wird; bestehen größtentheils aus Kohle; sie enthalten außerdem fast nur noch Substanzen (in geringer Menge), die sich durch Glühhitze austreiben lassen.

Die Kohle kann durch Wärme weder geschmolzen, noch gasförmig gemacht werden; bei vollkommenem Abschluß der Luft bleibt sie in der strengsten Hitze unverändert; man nennt sie daher feuerbeständig. In der Luft dagegen erhitzt, verglimmt sie, oder verbrennt sie mit wenig leuchtender Flamme. Sie ist vollkommen unauflöslich, geruchlos und geschmacklos.

Der blaue Farbestoff Indigo, welcher aus einer, unter anderen in Ostindien einheimischen Pflanze (Indigofera) gewonnen wird, verbindet sich mit concentrirter Schwefelsäure zu einer tief blauen Flüssigkeit. Wird diese, nach dem Verdünnen mit Wasser, mit feingestoßenem Kohlenpulver vermischt und nach einiger Zeit filtrirt, so erscheint sie farblos oder bräunlich gelb, enthält aber noch Schwefelsäure. Die auf dem Filter zurückgebliebene Kohle läßt sich leicht so lange auswaschen, bis keine freie Säure mehr daran haftet. Erwärmt man sie aber dann mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Natriumoxyd in Wasser, so färbt sich diese Flüssigkeit wieder blau. Die Kohle kann also den färbenden Stoff der sauren Flüssigkeit mit sich vereinigen und giebt ihn an das kohlensaure Natriumoxyd wieder ab. So vermag die Kohle noch eine Menge von Stoffen aus Auflösungen auf sich niederzuschlagen, z. B. den Farbestoff aus rothem Wein, die übelriechenden Stoffe aus faulem Wasser 2c.

Füllt man ein Glasgefäß über Quecksilber mit Schwefelwasserstoffgas und läßt man darin eine kurz vorher geglühte und im Quecksilber abge-

löschte Kohle zu dem Gase in die Höhe steigen, so vermindert sich das Volumen des Gases bedeutend. Wird die Kohle darauf in der Luft erhitzt, so verbreitet sie einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff. Frisch ausgeglühte Kohle hat also die Fähigkeit, Schwefelwasserstoff und in ähnlicher Weise alle anderen Gase auf sich zu verdichten. Es findet dabei, wie bei allen anderen Verdichtungen von Körpern, eine Wärmeentwickelung statt; frisch ausgeglühte Kohle kann sich, wenn sie in größeren Mengen der Luft dargeboten wird, so stark erhitzen, daß sie in Feuer ausbricht. (Gefahr in Pulverfabriken.) Hat Kohle ein Gas in ausreichender Menge auf sich verdichtet, so verliert sie diese Fähigkeit für andere Gase, daher Kohle, die schon längere Zeit an der Luft lag, dieselbe nicht mehr besitzt. In der Glühhitze entweicht auf Kohle verdichtetes Gas wieder von derselben.

§. 40.

Oxydationsstufen des Kohlenstoffs. Kohlensäure. Es ist bereits früher (§. 8) erwähnt worden, daß der Kohlenstoff, wenn er in einer hinreichenden Menge Sauerstoffs erhitzt wird, unter lebhafter Feuererscheinung zu Kohlensäure verbrennt. Derselbe Proceß geht, nur nicht mit gleicher Energie, vor sich, wenn statt des Sauerstoffs atmosphärische Luft angewandt wird. Auch von den Eigenschaften der Kohlensäure (§. 8), sowie von ihrer Fähigkeit sich mit Kalkerde zu verbinden (§. 10), war schon ausführlich die Rede. Kohlensaure Kalkerde entsteht auch als weißer Niederschlag, wenn Kohlensäuregas durch eine Auflösung von Kalkerde geleitet wird.

Auch mit anderen starken Basen vereinigt sich die Kohlensäure sehr leicht, angefeuchtete Stücke von Kalihydrat, sowie Auflösungen von Kali absorbiren sie sehr begierig unter Bildung von kohlensaurem Kali, welches im letzteren Falle in Auflösung bleibt und durch Abdampfen der Flüssigkeit als fester weißer Körper erhalten werden kann.

Aber nicht zu allen Basen zeigt die Kohlensäure ein gleich energisches Vereinigungsstreben, manche kohlensaure Salze sind leicht nur auf Umwegen, nach Methoden zu erhalten, die später besprochen werden sollen. Diese Thatsache und die leichte Zersetzbarkeit ihrer Salze charakterisiren die Kohlensäure als eine nur schwache Säure. In starker Hitze werden die kohlensauren Salze, mit wenigen Ausnahmen, unter Austreibung der Kohlensäure zersetzt (§. 10). Solche Ausnahmen bilden kohlensaures Kali und kohlensaures Natron, welche die höchsten Temperaturgrade ohne Zersetzung aushalten — eine Thatsache, aus welcher man die vorzugsweise stark basischen Eigenschaften von Kali und Natron entnehmen kann. — Bringt man verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure oder Phosphorsäure zu festem oder aufgelöstem kohlensaurem Kali, so entweicht die Kohlensäure

unter starkem Aufbrausen, während sich das Kali mit der angewandten Säure verbindet. So verhalten sich alle kohlensauren Salze in Berührung mit den meisten Säuren. Es giebt aber auch Körper, welche, ohne kohlensaure Salze zu sein, beim Uebergießen mit Säuren Gase unter Aufbrausen entweichen lassen, weshalb man wegen dieser Erscheinung allein einen Körper niemals für ein kohlensaures Salz halten darf. Jene anderen Gase haben aber entweder einen eigenthümlichen, penetranten Geruch, oder sie bringen in Kalkwasser keinen Niederschlag hervor, so daß die letztere Eigenschaft ein besonders wichtiges Erkennungsmittel für die Kohlensäure bildet.

Auch saure Salze (§. 23) treiben aus kohlensauren Salzen so lange Kohlensäure aus, bis die von der Kohlensäure getrennte Basis hinreicht, das saure Salz in ein neutrales zu verwandeln.

Die Zersetzbarkeit kohlensaurer Salze durch stärkere Säuren bietet auch das Mittel dar, Kohlensäure in größeren Mengen zu bereiten. Uebergießt man z. B. Kalkspath, Marmor, Kreide oder Kalkstein, welche in großer Ausdehnung als Mineralien vorkommen, mit verdünnter Salpetersäure, so entwickelt sich ein Gas mit lebhaftem Aufbrausen, während sich salpetersaure Kalkerde (nachweisbar nach dem S. 46 beschriebenen Verfahren) auflöst. Das Gas ist Kohlensäure, denn es besitzt nicht nur alle Eigenschaften der letzteren, sondern man kann es auch in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegen, oder, besser gesagt, man kann ihm Sauerstoff entziehen, worauf dann Kohlenstoff zurückbleibt.

Erhitzt man nämlich Kaliummetall in einer an einer Stelle zu einer Kugel erweiterten Glasröhre in einem Strome des Gases, so verbrennt das Metall unter Bildung von einem schwarzen und von einem weißen festen Körper. Ersterer ist Kohlenstoff, letzterer löst sich in Wasser auf und läßt sich nach dem Vorhergehenden leicht als kohlensaures Kali erkennen. Das Kalium hat in der Hitze also der Kohlensäure, unter Abscheidung von Kohle, den Sauerstoff entzogen und Kaliumoxyd gebildet, welches mit einem anderen Theil Kohlensäure zusammengetreten ist.

Es geht aus dem Gesagten hervor, daß die genannten Mineralien kohlensaure Kalkerde sind. Verdünnte Schwefelsäure eignet sich nicht so gut zur Abscheidung von Kohlensäure aus denselben, weil die dabei entstehende schwefelsaure Kalkerde sich vermöge ihrer Schwerlöslichkeit bald ausscheidet und das kohlensaure Salz mit einer Rinde überzieht, die dasselbe gegen die weitere Einwirkung der Säure schützt.

Es giebt nur sehr wenige Elemente, welche, wie das Kalium, die Kohlensäure zersetzen können. Brennender Schwefel und brennender Phosphor erlöschen darin (ebenso eine brennende Kerze), woraus hervorgeht,

daß der Kohlenstoff eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzt als diese Elemente.

Daß Kohlensäure auch den Athmungsproceß nicht zu unterhalten vermag, Menschen und Thiere darin vielmehr den Erstickungstod sterben, ist nach dem in §. 15 über die Unentbehrlichkeit von Sauerstoff zum Athmen Gesagten leicht begreiflich.

Wird über den oberen Rand eines Glascylinders, der weit genug ist, daß ein auf seinem Boden befindliches Licht einige Zeit fortbrennen kann, einen Augenblick lang eine Gasleitungsröhre gehalten, welcher Kohlensäure entströmt, so erlischt das Licht sogleich. Läßt man zuerst die Kohlensäure oben an der Oeffnung des Cylinders in denselben eintreten und senkt man alsdann das an einem Drahte befestigte, brennende Licht in den Cylinder hinein, so brennt es in dessen oberem Raume lebhaft fort. Beim Niedersenken gelangt man aber zu einem Punkte, wo es plötzlich erlischt, und zwischen diesem und dem Boden kann das Licht an keiner Stelle fortbrennen. Die Kohlensäure hat sich also in dem mit Luft erfüllten Cylinder herabgesenkt und an seinem Boden abgelagert; sie ist folglich schwerer als die atmosphärische Luft. Aus einem mit Kohlensäure angefüllten Glascylinder läßt sich die Kohlensäure förmlich ausgießen, wie man sich durch ein daruntergehaltenes brennendes Licht leicht überzeugen kann.

Leitet man einen Strom von Kohlensäure durch Wasser, so bemerkt man zwar nicht, daß sie sich auflöst; vermischt man jedoch die Flüssigkeit nachher mit einer Aetzkalklösung, so entsteht der schon erwähnte weiße Niederschlag. Die Kohlensäure ist also in Wasser in nicht unbedeutender Menge löslich.

Eben derselbe Niederschlag entsteht, wenn man mittels einer Glasröhre durch Kalkwasser bläst. Wir haben in §§. 15 u. 27 gesehen, daß wir Sauerstoff und Stickstoff einathmen, ferner, daß wir den Sauerstoff nur zum Theil, den Stickstoff aber vollständig wieder ausathmen; aus dem eben erwähnten Versuche sehen wir nun, daß außerdem auch noch Kohlensäure ausgeathmet wird. Der eingeathmete Sauerstoff wird also benutzt, um mit Kohlenstoff, der ein Bestandtheil eines jeden Theiles unseres Körpers ist, Kohlensäure zu bilden. Dies beweist, daß im Inneren des Körpers ein Oxydationsproceß vor sich geht, welchem wir auch die Erzeugung der selbstständigen, von äußeren Einflüssen unabhängigen Körperwärme zuzuschreiben berechtigt sind.

Athmen viele Menschen in einem verschlossenen, beschränkten Raume, so machen sie die Luft an Sauerstoff immer ärmer, an Kohlensäure immer reicher und dadurch zur Fortsetzung des Athmungsprocesses immer untauglicher.

Aus dem erwähnten Umstande geht hervor, daß die Luft immer Kohlensäure enthalten muß, und dies ist in der That der Fall, denn es bedeckt sich an der Luft stehendes Kalkwasser bald mit einer Haut von kohlensaurer Kalkerde.

Bringt man einen grünen Pflanzentheil in eine durch Wasser abgesperrte Glasglocke, welche mit kohlensäurehaltigem Wasser gefüllt ist, und setzt man letztere dem Sonnenlichte aus, so tritt eine Sauerstoffgasentwickelung ein, welche erst dann aufhört, wenn alle Kohlensäure verschwunden ist. Das Pflanzenstück muß sich also den Kohlenstoff aus der Kohlensäure angeeignet haben. So verhalten sich alle frischen, grünen Pflanzentheile auch gegen die Kohlensäure in der Atmosphäre und der größte Theil des Kohlenstoffs, den wir (beim Verkohlen) in den Pflanzen finden, stammt aus Kohlensäure, welche von Menschen und Thieren beim Athmungsproceß erzeugt worden ist. Die Thiere bekommen aber den Kohlenstoff, aus dem sie die Kohlensäure im Inneren ihres Körpers bilden, bei ihrer Ernährung von den Pflanzen.

Die Pflanzen verhindern daher einerseits, daß die von den Menschen und Thieren erzeugte Kohlensäure sich in der Atmosphäre massenhaft ansammelt, senden andererseits eine der von den athmenden Geschöpfen verbrauchten gleiche Menge Sauerstoff stets wieder in die Atmosphäre zurück und bewirken auf diese Weise, daß die Zusammensetzung der Luft stets unverändert und geeignet bleibt, um den Proceß des Athmens möglich zu machen. — So bedingen sich Menschen und Thiere einerseits und Pflanzen andererseits in ihrer Existenz.

Oxalsäure. Wird ausgepreßter Saft vom Sauerklee (Oxalis acetosella) bis zu einem gewissen Grade eingekocht, und von den etwa darin schwimmenden fremden Substanzen abfiltrirt, so schießt beim Erkalten ein fester weißer Körper in Krystallen an, der seinem Aeußeren nach ein Salz zu sein scheint: Kleesalz. Diese Vermuthung wird dadurch zur Gewißheit, daß er beim Erhitzen unter Gasentwickelung in kohlensaures Kali umgewandelt wird. Die Basis des Salzes muß, nach diesem Versuche zu urtheilen, Kali und seine Säure ein kohlehaltiger Körper sein. Letzterer ist jedoch nicht Kohlensäure selbst, da das Kleesalz mit verdünnten Säuren kein Gas entwickelt. Es hat diese neue Säure den Namen Oxalsäure, Kleesäure, erhalten.

Das Kleesalz röthet in Lösung Lackmuspapier und treibt aus kohlensaurem Kali die Kohlensäure unter Aufbrausen aus, woraus folgt, daß es saures oxalsaures Kali ist (S. 38 u. 57.) Wird die Lösung desselben mit kohlensaurem Kali vermischt, bis ein neuer Zusatz von letzterem kein

Aufbrausen mehr erzeugt, so reagirt die Flüssigkeit neutral und läßt nach gehöriger Concentration neutrales oxalsaures Kali in Krystallen anschießen.

Eine Auflösung des letzteren bringt in einer Kupfervitriollösung einen hellblauen Niederschlag hervor, welcher, da die Flüssigkeit nach Entfernung desselben nur schwefelsaures Kali enthält, oxalsaures Kupferoxyd sein muß, denn:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Oxalsäure + Kali}\\ \text{Schwefelsäure + Kupferoxyd}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Schwefelsäure + Kali}\\ \text{Oxalsäure + Kupferoxyd}\end{array}\right\}$$

Wird das blaue Kupfersalz in einer Retorte mit Gasentwickelungsrohr erhitzt, so entwickelt sich Kohlensäure und reines metallisches Kupfer bleibt zurück. Die Kohlensäure kann hierbei nur aus der Oxalsäure und dem Sauerstoff des Kupferoxyds gebildet werden, woraus wir schließen müssen, daß die Oxalsäure ebenfalls eine Oxydationsstufe des Kohlenstoffs, aber eine niedrigere als die Kohlensäure ist. Die Zersetzung des oxalsauren Kupferoxyds mag folgendes Schema verdeutlichen:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Oxalsäure}\\ \text{Kupferoxyd}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Oxalsäure}\\ \text{Kupfer + Sauerstoff}\end{array}\right\} + =$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Oxalsäure + Sauerstoff}\\ \text{Kupfer}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Kohlensäure}\\ \text{Kupfer.}\end{array}\right.$$

Aehnlich wie das oxalsaure Kupferoxyd lassen sich alle unlöslichen oxalsauren Salze, z. B. oxalsaures Bleioxyd, oxalsaure Kalkerde &c., darstellen. Läßt man ersteres Salz, ein weißes, amorphes Pulver, längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure zusammenstehen, so erleidet es scheinbar keine Veränderung; trennt man aber dann den festen Körper wieder von der Flüssigkeit und dampft man letztere bis zu einem gewissen Punkte ein, so schießen daraus weiße, in Wasser leicht lösliche, sauer reagirende Krystalle an, welche in Wasser gelöst sich mit Kali zu einem neutralen und einem sauren Salze vereinigen lassen. Letzteres ist derselbe Körper wie das natürliche Kleesalz. Das neutrale Kalisalz giebt mit Kupfervitriollösung den charakteristischen Niederschlag von oxalsaurem Kupferoxyd. Jene Krystalle sind also die Oxalsäure in freiem Zustande.

Beim Erhitzen bis auf 100° verlieren sie Krystallwasser, der Rückstand wird in höherer Temperatur theils unverändert sublimirt, theils unter Gasentwickelung und weiterer Abscheidung von Wasser zersetzt. Die Oxalsäure ist demnach wasserhaltig, Oxalsäurehydrat; wasserfrei kann sie nicht dargestellt werden.

Ihrer Gewinnung aus oxalsaurem Bleioxyd und verdünnter Schwefelsäure liegt folgender Vorgang zum Grunde:

Oxalsäure + Bleioxyd } + = { Oxalsäure + Wasser
Schwefelsäure + Wasser } + = { Schwefelsäure + Bleioxyd.

Der dabei ungelöst bleibende Körper muß demnach schwefelsaures Bleioxyd sein.

Die Oxalsäure ist giftig.

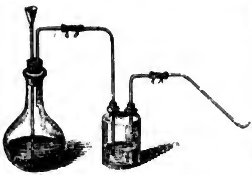
Kohlenoxydgas. Erhitzt man oxalsaure Kalkerde, so entwickelt sich ein farbloses, geruchloses, mit schwach blauer Flamme brennbares, in Wasser nur in sehr geringer Menge lösliches Gas, während kohlensaure Kalkerde zurückbleibt. Die Kohlensäure dieses Salzes kann nur aus Oxalsäure, und zwar durch Aufnahme von Sauerstoff, entstanden sein. Letzterer muß dabei, da die Kalkerde unverändert bleibt, von einem anderen Theil der Oxalsäure geliefert werden, welcher dadurch in das erwähnte Gas verwandelt wird. Dasselbe ist also eine noch niedrigere Oxydationsstufe des Kohlenstoffs als die Oxalsäure, und da es keine saure Eigenschaften zeigt, nennt man es Kohlenoxydgas.

Hält man über eine Kohlenoxydgasflamme einige Zeit lang einen Glascylinder, welcher vorher zweckmäßig mit Kalkwasser ausgeschwenkt wird, gießt man nachher etwas reines Kalkwasser hinein und schüttelt man um, so trübt sich das Kalkwasser, — ein Beweis, daß das Gas beim Verbrennen an der Luft in Kohlensäure verwandelt wird. — Das Einathmen des Gases hat einen raschen Tod zur Folge.

Wird Kohlensäure über glühende Kohlen geleitet, so nimmt sie noch eine gewisse Menge Kohle in sich auf und verwandelt sich in Kohlenoxydgas. Letzteres Gas bildet sich überhaupt überall, wo Kohle bei unvollkommenem Luftzutritt verbrennt. Eine große Menge desselben wird z. B. erzeugt, wenn glimmende Kohlen in einem Kohlenbecken aufbewahrt werden. Die von unten durch den Rost in geringer Menge zu den glühenden Kohlen allmälig hinzutretende Luft ist dabei nämlich nicht ausreichend, um Kohlensäure zu erzeugen. Tritt das gebildete Kohlenoxyd an der Oberfläche der Kohlenmasse in die Luft, so wird es entzündet und verbrennt hier erst zur Kohlensäure. Die kleinen blauen Flammen, welche über der glühenden Kohlenmasse spielen, zeigen deutlich die Gegenwart des Kohlenoxyds. Ist eine solche Kohlenmasse aber noch mit todten, d. h. noch nicht glühenden, Kohlen überdeckt, so ist an der Oberfläche derselben die Hitze nicht groß genug, um die Entzündung des Kohlenoxydgases zu bewirken, und letzteres tritt alsdann unverändert in die Luft über. Der Aufenthalt in einem eingeschlossenen Raume, in welchem solche Kohlen sich befinden, veranlaßt daher leicht Unwohlsein, Kopfweh und Schwindel, und kann, wenn er länger ausgedehnt wird, Bewußtlosigkeit und Tod zur Folge haben.

Wird Oxalsäure in einem Kolben, Fig. 14, mit Schwefelsäurehydrat erhitzt und das sich entwickelnde Gas, bevor man es auffängt, durch eine starke Kalilösung geleitet, so erhält man ebenfalls reines Kohlenoxydgas, während in der Kalilauge sich viel kohlensaures Kali bildet. Die Schwefelsäure zerlegt also ebenfalls die Oxalsäure in Kohlensäure und Kohlenoxyd, ohne sich aber mit einem dieser Producte zu vereinigen. Die Ursache der Zersetzung liegt darin, daß das Schwefelsäurehydrat, welches eine große Neigung hat, noch mehr Wasser in sich aufzunehmen (S. 37), der Oxalsäure das Wasser entzieht. Letztere kann aber nicht wasserfrei existiren und zerfällt, gerade so, wie wenn sie aus der oxalsauren Kalkerde ausgetrieben wird, in Kohlensäure und Kohlenoxydgas.

Fig. 14.



§. 41.

Reduction der Metalle durch Kohle. Wird Bleioxyd mit viel Kohlenpulver gemengt und in einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase, welche eine Gasentwickelungsröhre trägt, nach Art der Fig. 3 (S. 18) in einem Ofen mit glühenden Kohlen umgeben oder mit Gasflammen erhitzt, so entwickeln sich Kohlensäure und Kohlenoxydgas. In der Röhre bleibt ein Gemenge von Kohlenpulver und metallischen Bleikügelchen zurück, letztere aber so fein zwischen das erstere vertheilt, daß sie sich dem unbewaffneten Auge nicht vollkommen charakteristisch darstellen. Vertheilt man das Gemenge in viel Wasser, so lagert sich nach eingetretener Ruhe das specifisch schwerere Blei ziemlich rasch größtentheils am Boden des Gefäßes ab, während die Hauptmenge der leichteren Kohle im Wasser schweben bleibt und mit demselben von dem Bodensatz abgegossen werden kann. Wird letzterer so noch einigemale mit Wasser behandelt (Schlämmproceß), so stellt er reines Blei dar. Es giebt bei diesem Versuche das Bleioxyd allen Sauerstoff an Kohle ab. Mengt man Bleioxyd außer mit viel Kohle noch mit gepulvertem, wasserfreiem kohlensaurem Natron in einem hessischen Tiegel, legt man über das Gemenge noch eine Decke von Kohlenpulver und erhitzt man dann den Tiegel bis zum starken Glühen, so geht derselbe Reductionsproceß vor sich, aber es schmilzt dabei das kohlensaure Natron (Flußmittel). Dasselbe betheiligt sich zwar nicht weiter an dem chemischen Proceß, allein es bildet eine Flüssigkeit, in welcher, wie beim Schlämmen im Wasser, das Blei niederfällt und in der Hitze zu einer Masse zusammenschmilzt, während die überschüssige Kohle schweben bleibt.

Läßt man den Tiegel erkalten und zerschlägt man ihn dann, so findet man am Boden desselben einen compacten Bleiklumpen (einen Regulus von Blei) und darüber das zusammengeschmolzene kohlensaure Natron, stark kohlehaltig und mitunter mit leeren Blasenräumen erfüllt, welche das entweichende Gas erzeugte.

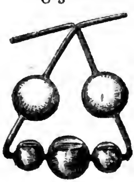
Die Kohle vermag also in der Wärme auch einem Oxyde, welches für sich nicht zerlegt wird, den Sauerstoff zu entziehen und das Metall rein abzuscheiden; man sagt deshalb, sie habe eine stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoff als das Blei.

Aehnlich wie Bleioxyd werden noch viele andere Metalloxyde von Kohle reducirt, z. B. Eisenoxyd, Kupferoxyd, Zinnoxyd ꝛc. — Statt des kohlensauren Natrons kann man auch andere schmelzbare Substanzen, z. B. Glaspulver, als sogenannte Flußmittel anwenden.

Erhitzt man arsenige Säure mit Kohlenpulver in einem Glasröhrchen, so beschlägt sich letzteres an einer kälteren Stelle mit einem Arsenikspiegel.

Man kann die Verbrennung des Kohlenstoffes durch ein Metalloxyd, z. B. Kupferoxyd, benutzen, um auszumitteln, in welchem Gewichtsverhältniß Kohlenstoff und Sauerstoff in der Kohlensäure mit einander verbunden sind. Da die Kenntniß dieses Verhältnisses für uns wegen des Verständnisses von weiter unten vorkommenden Betrachtungen von Wichtigkeit ist, so wollen wir hier noch erwähnen, daß, wenn der Versuch zu diesem Zwecke ausgeführt werden soll, die Anwendung von völlig trockenem Kupferoxyd und von einer gewogenen Menge völlig trockener, chemisch reiner Kohle, sowie die Wägung der gebildeten Kohlensäure erforderlich ist. Letztere wird mit Hülfe des in Fig. 15 abgebildeten, aus fünf durch Glasröhren mit einander verbundenen Kugeln bestehenden Apparates bewerkstelligt, dessen drei untere Kugeln mit einer starken Kalilauge angefüllt sind. Dieser Apparat wird so an das mit Kupferoxyd und Kohle erfüllte Glasrohr (s. o.) befestigt, daß alle gebildete Kohlensäure die Kalilauge durchstreichen muß. Das Glasrohr muß vor dem Versuche an seinem hinteren Ende in eine nach aufwärts gerichtete Spitze ausgezogen sein. Hat man nun nicht zu viel Kohle, etwa 0,1 bis 0,2 Grm., dagegen sehr viel Kupferoxyd im Verhältniß zur Kohle angewandt, so wird beim Erhitzen alle Kohle zu Kohlensäure oxydirt, und erhitzt man das Glasrohr allmälig von vorn nach hinten, so findet die Entwickelung der Kohlensäure so langsam statt, daß sie vollständig von der Kalilauge absorbirt wird. Bricht man nach Vollendung der Verbrennung die hintere Spitze des

Fig. 15.

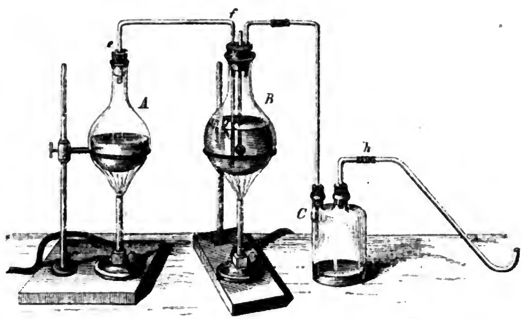


Glasrohres ab, so kann man mittels der entstandenen Oeffnung einen Strom kohlensäurefreier Luft durch den Apparat leiten und damit alle im Rohre noch vorhandene Kohlensäure der Kalilauge zuführen. Die Gewichtszunahme, welche der Kaliapparat bei dem Versuch erleidet, giebt daher die Kohlensäuremenge an, welche aus der angewandten Menge Kohlenstoff entstanden ist. Man findet auf diese Weise, daß in der Kohlensäure mit 6 Gewichtstheilen Kohlenstoff 16 Gewichtstheile Sauerstoff verbunden sind.

§. 42.

Kohlenwasserstoff. Leuchtgas. Bringt man in dem Kolben A, Fig. 16, Alkohol zum Sieden und leitet man die Dämpfe desselben durch das

Fig 16.



Rohr efg in Schwefelsäurehydrat, welches mit soviel Wasser verdünnt ist,*) daß sein Siedepunkt bei 160 bis 165° liegt, und im Kolben B stets in dieser Temperatur gehalten wird, so entwickelt sich darin ein Gasgemische, aus welchem sich in der Vorlage C Wasser absetzt, während aus der Gasleitungsröhre h ein farbloses Gas entweicht. Um die Temperatur bei diesem Versuche genau reguliren zu können, bringt man in der dritten Durchbohrung des Stopfens des Kolbens B ein Thermometer an. — Das Gas läßt sich an der Luft entzünden und verbrennt mit hell leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser, wie man sich leicht überzeugt, wenn man die Verbrennungsproducte einerseits in einem trockenen Glase (S. 26) und andererseits in einem verschließbaren Glascylinder auffsammelt, in welchem man sie mit Kalkwasser schütteln kann. Wird in die Flamme ein

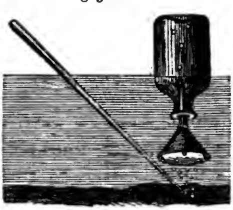
*) 7 Raumtheile Schwefelsäurehydrat und 4 Raumtheile Wasser.

kalter Körper gehalten, so setzt sich Kohle in nicht geringer Menge daran an. Mit Sauerstoff gemengt verbrennt das Gas unter heftiger Explosion; beim Hindurchleiten durch eine weißglühende Röhre wird es in Wasserstoff und Kohle zersetzt; es besteht also aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Seines hohen specifischen Gewichtes wegen nennt man es schweres Kohlenwasserstoffgas und, da es, wie wir weiter unten sehen werden, einen wesentlichen Bestandtheil des zu Zwecken der Beleuchtung fabrikmäßig aus Steinkohlen dargestellten Gases bildet, auch vorzugsweise Leuchtgas.

Bei der beschriebenen Darstellung des Leuchtgases bleibt die verdünnte Schwefelsäure unverändert. Wasser und Kohlenwasserstoff sind nur Zersetzungsproducte des Alkohols, und zwar die einzigen, woraus sich ergiebt, daß letzterer aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, von denen der Kohlenstoff bei jenem Experimente mit einem Theile des Wasserstoffs vereinigt bleibt und die Bildung des Leuchtgases veranlaßt, während der Sauerstoff mit dem anderen Theile Wasserstoff Wasser bildet. — Bei der Bereitung des Leuchtgases im Kleinen erhitzt man am besten ein Gemenge von 4 Raumtheilen Schwefelsäurehydrat mit einem Raumtheil starken Weingeistes, dem man zweckmäßig noch so viel weißen Sand zusetzt, daß ein dicker Brei entsteht, weil dadurch einem starken Aufschäumen, das sonst leicht eintritt, vorgebeugt werden kann.

Sumpfgas. Aus dem Schlamme der Moräste und Sümpfe steigt beim Aufrühren nicht selten ein Gas empor, welches ebenfalls eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff ist, — Sumpfgas. Dieser Körper ist farblos, geschmacklos und geruchlos und verbrennt ebenfalls beim Anzünden in der Luft, aber mit schwach leuchtender Flamme, er explodirt mit Sauerstoff gemengt sehr heftig und unterscheidet sich vom Leuchtgase nur dadurch,

Fig. 17.



daß er auf gleichviel Kohle mehr Wasserstoff enthält. Man kann dieses Gas aus stehenden Gewässern, in denen es sich bei der Vermoderung von Pflanzenüberresten bildet, leicht dadurch auffangen, daß man eine Flasche mit aufgesetztem Trichter unter Wasser sich füllen läßt, darauf umkehrt, und, wie Fig. 17 zeigt, mit einem Stabe den Schlamm unter dem Trichter umrührt. Dann steigt das Gas, welches in dem Schlamme sich angesammelt hat, blasenweis in der Flasche in die Höhe. — Weil es ein weit geringeres specifisches Gewicht hat als das Leuchtgas heißt es auch leichtes Kohlenwasserstoffgas.

§. 43.

Schwefelkohlenstoff. Kohlenstoff und Schwefel lassen sich direct mit einander vereinigen. Leitet man über Kohle, die in einer Porcellanröhre rothglühend gemacht worden ist, gasförmigen Schwefel, so destillirt in eine stark abgekühlte Vorlage der Schwefelkohlenstoff als eine farblose, schon bei 48° siedende Flüssigkeit über. Derselbe hat einen eigenthümlichen, unangenehmen Geruch, er ist schwerer als Wasser und darin unlöslich, löst aber selbst manche in Wasser unlösliche Körper, z. B. Schwefel und Phosphor, in reichlicher Menge auf; an der Luft läßt er sich leicht entzünden und verbrennt mit schwach leuchtender, blauer Flamme zu schwefliger Säure und Kohlensäure; wegen seiner großen Neigung, gasförmig zu werden, bewahrt man ihn meistens unter Wasser auf.

§. 44.

Vorkommen des Kohlenstoffs in der Natur. Es findet sich im losen Sande mancher Gegenden, z. B. in Ostindien und Brasilien, ein fester, vollkommen wasserklarer, farbloser, krystallisirter Körper, der wegen seiner bedeutenden Härte, seines hohen Glanzes und der Eigenschaft, weißes Licht in verschiedenfarbiges zu brechen und deshalb in schönen Farben zu spielen, als Schmuckstein unter dem Namen Diamant seit den ältesten Zeiten in hohem Werthe gehalten wird. Bringt man denselben zum Glühen und führt man ihn dann in reines Sauerstoffgas, so brennt er von selbst darin fort und erzeugt dabei nur reine Kohlensäure; er ist daher reiner Kohlenstoff.

Graphit, ein eisengraues, sehr weiches, glänzendes, die Elektricität gut leitendes Mineral, welches auch krystallisirt gefunden wird, ist ebenfalls fast reiner Kohlenstoff; derselbe läßt sich auch weit schwieriger als Holzkohle mit Sauerstoff vereinigen.

Diamant und Graphit sind allotropische Modificationen des Kohlenstoffs.

Steinkohle (Anthracit) und Braunkohle sind nicht reiner Kohlenstoff, wie schon daraus hervorgeht, daß bei ihrer Verbrennung größere Mengen eines unverbrennlichen Körpers, der Asche, zurückbleiben. Sehr bestimmt tritt diese Thatsache auch bei der trockenen Destillation derselben hervor, d. h. bei starkem Erhitzen, unter Ausschluß der Luft, über freiem Feuer in Retorten mit Vorlagen, die Gasleitungsröhren tragen. — Leitet man das Gas, welches sich dabei entwickelt, in Kalkwasser, so nimmt man im Anfang eine reichliche Bildung von Kohlensäure wahr. Später treten brennbare Gase auf, und zwar ist die Flamme im Anfang schwächer (Kohlenoxydgas), wird aber immer stärker leuchtend und

alsdann enthält das Gas mehrere Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff, unter denen auch die in §. 42 abgehandelten Verbindungen sich befinden. (Ist den Steinkohlen, wie gewöhnlich, Schwefelkies eingemengt, so enthält das Gas auch Schwefelwasserstoff.) Nach beendigter Destillation sind in der Vorlage zwei nicht mit einander mischbare Flüssigkeiten, eine wässerige — Theerwasser — und eine dunkelbraun bis schwarz gefärbte, brennbare, ölige — Steinkohlentheer, Braunkohlentheer. In der Retorte ist eine Kohle zurückgeblieben, welche bei Anwendung von Steinkohlen in der Regel zusammengebacken ist — Koaks —, bei Anwendung von Braunkohlen aber meistens noch im Allgemeinen die äußere Gestalt derselben zeigt. Steinkohlen und Braunkohlen enthalten also außer Kohlenstoff auch Wasserstoff, Sauerstoff und unverbrennliche Aschenbestandtheile. Die bei dem zuletzt beschriebenen Versuch in der Vorlage sich ansammelnden Flüssigkeiten gestatten sogar noch die Frage aufzuwerfen, ob außer den genannten Substanzen nicht vielleicht noch andere Stoffe in Steinkohle und Braunkohle vorhanden sind, eine Frage, auf deren Beantwortung wir weiter unten zurückkommen.

An einigen Orten steigt gasförmige Kohlensäure aus Erdöffnungen hervor. Dieselbe ist ferner in manchen Quellen (Säuerlingen) in nicht unbedeutender Menge enthalten (Brausen derselben). In geringerer Quantität kann man sie in allen Quellwassern finden, und der erquickende Geschmack derselben wird zum Theil durch sie bedingt, daher ausgekochtes Wasser den Durst wenig zu löschen vermag (vergl. jedoch auch §. 20). Daß sie in der Luft in geringer Menge enthalten ist, erwähnten wir schon oben, und es kann daher nicht auffallend sein, daß auch alles Wasser, welches einige Zeit der Luft ausgesetzt gewesen, kohlensäurehaltig ist.

In den Kohlenbergwerken entwickelt sich bisweilen, namentlich wenn man neue Massen von Kohlenablagerungen auszubeuten anfängt, sehr viel Kohlensäure, in Steinkohlenbergwerken oft auch eine Gasart, welche, gemengt mit dem Sauerstoff der Luft, durch die Grubenlichter der Bergleute entzündet wird und die heftigsten, zerstörendsten Explosionen erzeugen kann (sogen. schlagende Wetter). Diese ist Sumpfgas (daher auch Grubengas genannt), welches sich aus den Kohlen erzeugt, in den abgeschlossenen Spalten und Höhlungen zwischen den einzelnen Kohlenschichten angesammelt bleibt und beim Oeffnen derselben in die Räume der Baue hineindringt.

§. 45.

Chlor.

Kochsalz. Das Wasser vieler Quellen läßt beim Abdampfen das bekannte Kochsalz in so reichlicher Menge auskrystallisiren, daß letzteres auf

diese Weise zum allgemeinen Gebrauche fabrikmäßig gewonnen werden kann. (Salzsoolen, Salinen.) Jedes einzelne Kochsalzstückchen zeigt sich bei näherer Untersuchung nicht als ein homogener Krystall, sondern als ein oft unregelmäßiges, öfter aber eine ausgehöhlte Pyramide darstellendes Aggregat kleiner, nicht vollständig ausgebildeter Krystalle. Wird ein solches Stückchen in einem Glasröhrchen in einer gewöhnlichen Spiritusflamme erhitzt, so zerspringt es mit heftigem Knistern in jene einzelnen Krystalle, und die Glasröhre beschlägt an ihrem kälteren Theile mit Wassertröpfchen. Das Krystallaggregat enthält also noch Wasser, welches von der früheren Lösung herrührt und zwischen den kleinen aneinandergewachsenen Krystallen eingeschlossen ist. Beim Erhitzen wird dasselbe gasförmig und entweicht, indem es, sich gewaltsam Bahn brechend, die Krystalle mit einer kleinen Explosion von einander trennt. Dieses Wasser nennt man Verknisterungswasser. Da die einzelnen Krystalle bei diesem Versuche unverändert bleiben, so kann das Wasser mit ihrer Substanz nicht in chemischer Verbindung stehen, und da sie auch in stärkerer Hitze schmelzen, ohne daß sich Wassergas entwickelt, so müssen sie von Krystallwasser frei sein.

Salzsäure. Uebergießt man das geschmolzene Salz in gröberen Stücken in einem Kolben, mit Schwefelsäurehydrat, so entwickelt sich ein farbloses Gas, welches einen eigenthümlichen Geruch besitzt, stark sauer reagirt, an der Luft einen weißen Rauch bildet und sehr ätzend ist, — salzsaures Gas. Es löst sich leicht in Wasser und theilt diesem alle seine Eigenschaften mit — flüssige Salzsäure.

Die Entbindung des salzsauren Gases findet bei dem beschriebenen Proceß nur im Anfange bei gewöhnlicher Temperatur statt, später muß dieselbe durch Erwärmen des Kolbeninhaltes unterstützt werden. Wendet man dabei auf 98 Gewichtstheile Schwefelsäurehydrat 58,5 Gewichtstheile Kochsalz an, so wird letzteres vollständig zersetzt und es bleibt in dem Kolben saures schwefelsaures Natron als Rückstand. Fügt man zu letzterem noch einmal dieselbe Menge Kochsalz und erhitzt weiter, so wirkt zwar das in dem sauren Natronsalz enthaltene Schwefelsäurehydrat (S. 39) unter Bildung von salzsaurem Gas und neutralem schwefelsaurem Natron weiter ein, allein erst in einer Glühhitze, welche Glaskolben nicht aushalten können, welche übrigens bei der fabrikmäßigen Darstellung der Salzsäure angewendet und durch besondere, später ausführlicher zu besprechende Ofenvorrichtungen hervorgebracht wird. Im Wesentlichen verläuft demnach der Proceß so, daß sich nur salzsaures Gas und wasserfreies schwefelsaures Natron bilden. Es liegt deswegen nach Analogie der Salpetersäurebildung (S. 28) zunächst die Vermuthung nahe, daß das salzsaure Gas das Wasser

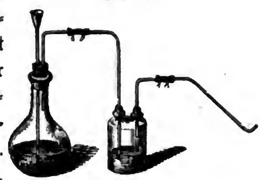
des angewandten Schwefelsäurehydrats enthalte, das Hydrat einer Sauerstoffsäure sei, sowie daß das wasserfreie Kochsalz aus der Sauerstoffsäure und Natron bestehe und sich mit Schwefelsäurehydrat nach folgendem Schema zersetze:

$$\left.\begin{matrix}\text{Säure} + \text{Natron} \\ \text{Schwefelsäure} + \text{Wasser}\end{matrix}\right\} + = \left\{\begin{matrix}\text{Säure} + \text{Wasser} \\ \text{Schwefelsäure} + \text{Natron}\end{matrix}\right\} + = \left\{\begin{matrix}\text{Säurehydrat} \\ \text{Schwefelsaures Natron.}\end{matrix}\right.$$

Das Folgende wird uns jedoch von der Unrichtigkeit dieser Vermuthung überzeugen.

Darstellung von Chlor. Uebergießt man Braunstein (Mangansuperoxyd) in einer Gasentwickelungsflasche, Fig. 18, mit flüssiger Salzsäure, so entwickelt sich ein grünlich gelbes Gas, welches einen unangenehmen Geruch besitzt und die Athmungswerkzeuge stark angreift. Es ist nicht brennbar und wird von Wasser in ziemlicher Menge verschluckt. Es kann chemisch nicht weiter in Theile zerlegt werden und heißt von seiner Farbe Chlor (χλωρός = grünlich gelb). Seine Auflösung in Wasser heißt Chlorwasser.

Fig. 18.



Wir werden den Vorgang, welcher dieser Darstellung des Chlors zum Grunde liegt, erst später genauer erörtern können, wollen aber hier doch noch besonders hervorheben, daß aus dem Versuche hervorgeht, daß im salzsauren Gase, und also auch im Kochsalz, Chlor als Bestandtheil enthalten sein muß.

Anstatt erst flüssige Salzsäure aus Kochsalz und Schwefelsäurehydrat darzustellen und diese auf Braunstein wirken zu lassen, kann man die Darstellung des Chlors auch aus einem Gemenge von Kochsalz und Braunstein mit Schwefelsäure, die etwas verdünnt ist, erzielen.

Das Chlor hat ein sehr energisches Streben organische Körper zu zersetzen. Werden Blumen von lebhafter Färbung in Chlor gebracht, so werden sie nach einiger Zeit vollständig farblos, indem die färbenden Stoffe von dem Chlor in andere ungefärbte zerlegt werden, von denen sich einzelne mit dem Chlor vereinigen. Bringt man Indigolösung (S. 55) in ein mit Chlorgas gefülltes Gefäß und schüttelt man, so verwandelt sich die tief blaue Farbe der Flüssigkeit in ein schwaches Gelb. In ähnlicher Weise zerstört das Chlorgas alle organischen Farbstoffe. — Man hat auch die Beobachtung gemacht, daß miasmatische Stoffe, welche sich bei manchen Krankheiten und aus faulen Körpern bilden und in die Luft verbreiten, davon zerstört werden. — Räucherungen mit Chlor. — Waschen mit Chlorwasser.

§. 46.

Chlor und Sauerstoff. Die Verbindungen des Chlors mit dem Sauerstoff sind meistens saure Körper. Beide Elemente, in reiner Form zusammengebracht, wirken nicht auf einander, und es sind so umständliche Umwege zu ihrer Vereinigung erforderlich, daß davon erst später ausführlicher die Rede sein kann. — Zum Sauerstoff hat also das Chlor ein sehr geringes Vereinigungsstreben.

§. 47.

Chlor und Wasserstoff. Vermischt man im Dunkeln gleiche Volumina Chlor und Wasserstoff in einem Glase mit einander und bringt man darauf das Gefäß in directes Sonnenlicht, so verbinden sich beide Gase unter heftiger Explosion, wobei das Glas zertrümmert wird, und ein weißer Rauch sich verbreitet. Im Dunkeln geht die Vereinigung nicht vor sich, im zerstreuten Tageslichte nur allmälig und ohne Explosion. Auch brennende oder glimmende Körper, sowie der elektrische Funken vermögen die plötzliche Vereinigung zu bewirken. Füllt man eine Flasche mit Wasserstoffgas und eine andere, welche mit der ersten gleichen Rauminhalt hat und mit ihrem Hals auf den Hals jener genau paßt, mit Chlor, vereinigt man alsdann die Flaschen an ihren Hälsen mit einander, so verschwindet nach und nach die Farbe des Chlors, ein in das Gas gehaltenes Lackmuspapier wird geröthet, und von Wasser wird der Inhalt der Flaschen vollständig absorbirt, Beweis genug, daß beide Gase sich chemisch mit einander vereinigt haben. Dieses neu entstandene Gas ist also eine Säure — Chlorwasserstoffsäure. Sowohl das Gas, wie seine Auflösung in Wasser haben im Aeußeren und überhaupt in allen übrigen Eigenschaften, namentlich auch im Verhalten gegen Braunstein, mit dem oben erwähnten salzsauren Gase, beziehungsweise mit der flüssigen Salzsäure so große Aehnlichkeit, daß sie sich nicht von denselben unterscheiden lassen.

Wäre nun die oben (§. 45) zuerst ausgesprochene Vermuthung, daß das salzsaure Gas das Hydrat einer Sauerstoffsäure sei, richtig, so würden zwei Körper von ganz verschiedener Zusammensetzung existiren, welche gleichwohl übereinstimmende Eigenschaften zeigten. Ob dem so ist, darüber soll uns ein Körper, den man aus Chlor und Natrium direct erzeugen kann, Aufschluß geben.

Natriummetall nämlich entzündet sich im Chlorgase bei erhöhter Temperatur und verbindet sich damit zu einer weißen, festen, amorphen Substanz — Chlornatrium. — Von diesem Körper wissen wir also nicht

nur, daß er, wie das Kochsalz, Chlor und Natrium enthält, sondern auch, daß er nur aus diesen beiden Elementen besteht. Wenn man dieses Chlornatrium mit Schwefelsäurehydrat unter den in §. 45 erörterten Umständen der Destillation unterwirft, so erhält man ganz die nämlichen Producte, wie aus dem Kochsalz, nämlich wasserfreies schwefelsaures Natriumoxyd und ein Gas, welches in seinen Eigenschaften völlig mit dem salzsauren Gase, beziehungsweise mit der Chlorwasserstoffsäure übereinstimmt. Das Gas kann aber in diesem Falle offenbar nur letztere, Chlorwasserstoffsäure, sein; denn das Natrium des Chlornatriums kann nur durch Vereinigung mit dem Sauerstoff des Wassers zu Natron geworden sein, in Folge welches Processes Wasserstoff und Chlor ihrerseits zusammengetreten sein müssen.

Mittelt man nun aus, wie viel Schwefelsäurehydrat eben erforderlich ist, um gleiche Gewichte Chlornatrium und Kochsalz so zu zersetzen, daß die ganzen Mengen der Gase, die dabei sich bilden können (Chlorwasserstoff und salzsaures Gas), wirklich entstehen, so findet man, daß diese Säuremengen in beiden Fällen völlig gleich sind. Da nun auch das entstandene Natronsalz in beiden Fällen gleich viel wiegt, so folgt erstens, daß das Chlornatrium genau so viel Natrium enthält wie ein gleich großes Gewicht wasserfreies Kochsalz, sodann aber auch, daß die bei jener Zersetzung entstandenen Gase gleich viel wiegen müssen. —

Erhitzt man ferner eine gewisse Menge Chlornatrium und bei einem anderen Versuch eine gleich große Menge wasserfreies Kochsalz mit der hinreichenden Menge Braunstein und mit passend verdünnter Schwefelsäure,*) so entwickelt sich ebenfalls in beiden Fällen gleich viel Chlorgas, woraus zu folgern ist, daß das Chlornatrium auch eben so viel Chlor enthält wie ein gleich großes Gewicht wasserfreies Kochsalz.

Letzteres ist demnach mit dem Chlornatrium und das salzsaure Gas mit der Chlorwasserstoffsäure völlig identisch. Das Kochsalz kann daher auch keine fertig gebildete Säure enthalten, wie es §. 45 vermuthet wurde, sondern liefert bei deren Darstellung nur das Chlor zu ihrer Erzeugung, während der Wasserstoff aus dem Wasser der Schwefelsäure stammt.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Chlor} + \text{Natrium}\\ \text{Wasserstoff} + \text{Sauerstoff}\\ \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\} += \left\{\begin{array}{l}\text{Chlor} + \text{Wasserstoff}\\ \text{Natrium} + \text{Sauerstoff}\\ \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\} += \left\{\begin{array}{l}\text{Salzsäure}\\ \text{Schwefelsaures Natriumoxyd.}\end{array}\right.$$

*) 1 Gewichtsth. Salz, $^3/_4$ Gewichtsth. Braunstein, 2 Gewichtsth. Säure mit 1 Gewichtsth. Wasser verdünnt.

Die Chlorwasserstoffsäure ist von allen früher betrachteten Säuren wesentlich dadurch verschieden, daß sie keinen Sauerstoff enthält. In der Folge werden wir jedoch sehen, daß sie in dieser Beziehung nicht einzig in ihrer Art dasteht.

Die concentrirte flüssige Salzsäure raucht an der Luft, welcher Erscheinung eine ähnliche Ursache, wie bei der wasserfreien Schwefelsäure (§. 23) zum Grunde liegt. Die flüssige Säure wird in chemischen Fabriken in großer Menge auf die §. 45 beschriebene Weise dargestellt. Die von da aus in den Handel gebrachte Säure ist aber in der Regel durch Verunreinigungen gelb gefärbt.

§. 48.

Chlor und die übrigen Metalloide. Leitet man Chlorgas über fein zertheilten Schwefel (sogen. Schwefelblumen), so bildet sich eine rothe, widrig riechende, an der Luft stark rauchende Flüssigkeit, welche in der Wärme, ohne zersetzt zu werden, leicht gasförmig wird. Dieser Körper ist also eine Verbindung von Chlor und Schwefel.

Phosphor entzündet sich im Chlorgase und verbrennt mit Flamme, woraus sich vermuthen läßt, daß beide Elemente sich mit einander verbinden. Wird Phosphor in einem fortdauernden Strome von Chlorgas erhitzt, so entsteht durch jene Verbrennung eine farblose, an der Luft rauchende, destillirbare Flüssigkeit in größerer Menge, und wird in diese noch mehr Chlor geleitet, so verbindet sie sich damit zu einem schneeweißen, festen Körper. Letzterer muß also eine höhere Verbindungsstufe des Chlors mit Phosphor sein als der flüssige.

Kohle und Stickstoff vereinigen sich selbst in den höchsten Hitzegraden nicht mit Chlor bei directem Aufeinanderwirken, und es gelingt nur durch mancherlei Umwege, die Verbindung beider Elemente mit Chlor hervorzubringen, wovon das Ausführliche übrigens erst später erwähnt werden wird.

Arsenik und Antimon verbrennen, wenn sie in Pulverform in Chlorgas gebracht werden, schon bei gewöhnlicher Temperatur mit vielem Glanze und erzeugen Chlorarsenik und Chlorantimon.

Die verschiedenen Chlorverbindungen der Metalloide werden Chlorüre, Sesquichloride und Chloride genannt; — so heißt der flüssige Chlorphosphor Phosphorchlorür, der feste Phosphorchlorid.

§. 49.

Chlor und die Metalle. Schon oben ist erwähnt worden, daß Natriummetall in erhöhter Temperatur im Chlorgase zu Chlornatrium ver-

brennt; die Vereinigung geht, wenn die Oberfläche des Metalls vollkommen frei von Oxyd ist, schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Licht- und Wärmeentwickelung vor sich, ähnlich verhält sich Kalium; pulverförmiges Wismuth, Kupfer und Zinn in dünn ausgeschlagenen Blättchen entzünden sich ebenfalls von selbst im Chlorgase und bilden Chlormetalle, und Eisen und Zink verbrennen darin wenigstens in höherer Temperatur. — Quecksilber erzeugt ebenfalls schon in der Kälte ohne Feuererscheinung weißes Chlorquecksilber. — Wird Blei in einem Strome von Chlorgas erhitzt, so verbindet es sich damit zu weißem, amorphem Chlorblei; ähnlich verhält sich Silber. Gold und Platin bilden schon in gewöhnlicher Temperatur Chlorgold und Chlorplatin.

Das Chlor hat also ein viel energischeres Streben, sich mit den Elementen zu vereinigen als der Sauerstoff.

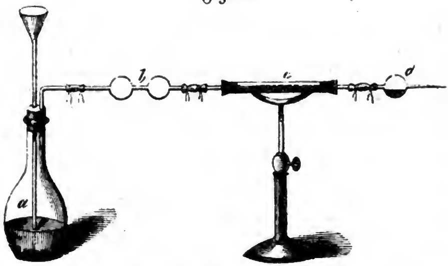
Salzsäure und die Metalle. Erhitzt man Natriummetall in einem Strome von salzsaurem Gase, so entzündet sich das Metall und es bilden sich Chlornatrium und Wasserstoff. In ähnlicher Weise vermögen auch einige andere Metalle dem salzsauren Gase das Chlor zu entziehen und Wasserstoff zurückzulassen, z. B. Kalium, Eisen, Zink und Zinn &c., niemals aber entzünden sich Metalle im salzsauren Gase von selbst. Es ist leicht erklärlich, daß die Metalle mit reinem Chlor sich mit mehr Energie vereinigen, als wenn sie dasselbe dem Wasserstoff erst entziehen müssen.

In flüssiger Salzsäure löst sich Zink (auch Eisen und Zinn) unter Entwickelung von Wasserstoffgas auf. Die Flüssigkeit enthält Chlorzink aufgelöst. Dieselben Metalle, welche sich auf Kosten des Wassers unter Wasserstoffentwickelung zu oxydiren vermögen (§. 18), entziehen auch der Salzsäure das Chlor und setzen den Wasserstoff in Freiheit. Man kann deswegen auch aus verdünnter Salzsäure mittels Zinks Wasserstoffgas darstellen, doch ist diese Methode etwas umständlicher als die, bei welcher das Zink mit verdünnter Schwefelsäure behandelt wird, weil sich von der sehr flüchtigen Salzsäure dem Wasserstoff stets viel beimischt und daher Waschen des Gases mit Wasser jedenfalls erforderlich ist. Blei und Kupfer werden von flüssiger Salzsäure kaum, Quecksilber, Silber, Gold und Platina gar nicht angegriffen.

Salzsäure und Metalloxyde. Da die Salzsäure in ihrer Zusammensetzung von den übrigen Säuren so wesentlich abweicht, so drängt sich die Frage auf, ob sie trotzdem die wichtigste Eigenschaft der letzteren, nämlich die Fähigkeit besitzt, sich mit Basen zu Salzen zu vereinigen.

Hierüber geben folgende Versuche Auskunft.

Fig. 19.



Wird Bleioxyd in der Kugel des Glasrohres d (Fig. 19) erhitzt, während in der Flasche a salzsaures Gas entwickelt wird, so entsteht Chlorblei und der kältere Theil des Rohres d beschlägt sich mit Wasser.

Chlor + Wasserstoff } + = { Chlor + Blei
Blei + Sauerstoff } + = { Wasserstoff + Sauerstoff.

Es wird hierbei weder salzsaures Bleioxyd gebildet, noch bleibt das entstehende Wasser mit dem Chlorblei in Verbindung. Wie das Bleioxyd verhalten sich fast alle Metalloxyde, und eine directe Vereinigung der Salzsäure mit einem Metalloxyde kann man auf diese Weise nicht bewirken.

Erwärmt man Quecksilberoxyd mit flüssiger Salzsäure, so löst es sich auf. Ob in dieser Flüssigkeit salzsaures Quecksilberoxyd enthalten ist, wissen wir nicht. Wird sie durch Abdampfen concentrirt, so krystallisirt daraus ein weißer, in Wasser wieder löslicher Körper aus, der nur aus Chlor und Quecksilber besteht, weshalb es wahrscheinlich ist, daß auch in der Lösung nur Chlorquecksilber enthalten war. Bei der Auflösung des Oxyd's in der Säure entsteht außer dem Chlorquecksilber natürlich noch Wasser, welches mit dem Wasser aus der flüssigen Salzsäure gemengt bleibt. — Die übrigen in Wasser unlöslichen Metalloxyde verhalten sich gegen flüssige Salzsäure in ganz ähnlicher Weise.

Fügt man flüssige Salzsäure zu einer Auflösung von Natron oder Kali bis zur neutralen Reaction, so erhält man durch Abdampfen und Krystallisirenlassen Chlornatrium in der gewöhnlichen Form des Kochsalzes (§. 45 und §. 47) oder wasserfreies Chlorkalium. Hierbei zersetzen sich die Oxyde von Natrium oder Kalium mit der aufgelösten Salzsäure genau so, wie es das Bleioxyd in der Wärme mit der gasförmigen thut, nur bleibt das dabei gebildete Wasser ebenfalls mit dem übrigen, in welchem die Salzsäure aufgelöst war, gemengt.

Aehnliches Verhalten zeigt die Kalkerde (Calciumoxyd) gegen flüssige Salzsäure, nur daß das Chlorcalcium nach dem Auskrystallisiren Krystallwasser enthält, welches beim Erhitzen vollständig entweicht. Das gebildete Wasser bleibt daher in diesem Falle mit dem Chlorcalcium verbunden.

Wie mit Natron oder Kalkerde zersetzt sich flüssige Salzsäure auch mit den übrigen in Wasser löslichen basischen Metalloxyden.

Die Salzsäure weicht hiernach also auch darin von den übrigen Säuren auf das Entschiedenste ab, daß sie sich niemals mit Basen zu Salzen verbindet, sondern sich stets damit zersetzt zu Chlormetallen und Wasser. — Salzsaure Salze sind überhaupt noch niemals in fester Form dargestellt worden.

Kohlensaure Salze werden von flüssiger Salzsäure unter Bildung von Chlormetallen und Wasser und unter Entwickelung von Kohlensäure zersetzt. Bei der Darstellung der Kohlensäure aus Kreide rc. (S. 57) wendet man daher statt der Salpetersäure zweckmäßiger die billigere Salzsäure an.

Verschiedene Chlorverbindungen desselben Metalls. Die Ursache der Zersetzung der Metalloxyde mit der Salzsäure liegt unstreitig sowohl in dem Vereinigungsstreben des Sauerstoffs zum Wasserstoff, als auch in dem des Chlors zum Metall. Die Folge des ersteren ist immer, daß *aller Sauerstoff* mit Wasserstoff Wasser bildet, worauf in vielen Fällen auch *alles Chlor* an das Metall tritt. Oxydule haben dabei natürlich stets weniger Salzsäure nöthig als Oxyde mit dem gleichen Metallgehalt und bilden auch in der Regel niedrigere Chlorverbindungen.

Wir haben eben gesehen, daß aus dem Quecksilberoxyd bei Einwirkung von Salzsäure neben Wasser ein lösliches Chlorquecksilber entsteht. Uebergießt man schwarzes Quecksilberoxydul mit flüssiger Salzsäure, so verwandelt es sich in einen weißen, völlig unlöslichen Körper, während, wenn man nicht zu viel Salzsäure anwendet, über demselben nur reines Wasser stehen bleibt. Der weiße, unlösliche Körper muß daher Chlorquecksilber sein und auf gleich viel Quecksilber weniger Chlor enthalten als das lösliche Chlorquecksilber.

Dieses unlösliche Chlorquecksilber kann auch noch auf andere Weise dargestellt werden. Wird nämlich eine Auflösung von salpetersaurem Quecksilber*oxydul* mit Salzsäure vermischt, so fällt das in Rede stehende Chlorquecksilber als weißer Niederschlag nieder, während in der Flüssigkeit Salpetersäure aufgelöst bleibt.

{Chlor + Wasserstoff
{Salpetersäure + (Quecksilber + Sauerstoff)} + =

{Chlor + Quecksilber
{Salpetersäure + (Wasserstoff + Sauerstoff)} + = {Chlorquecksilber
{Salpetersäure + Wasser.}

Dasselbe Chlorquecksilber fällt nieder, wenn man anstatt Salzsäure eine Auflösung von Chlorkalium oder Chlornatrium zu der Lösung des

salpetersauren Quecksilberoxyduls hinzufügt, wobei dann jedoch salpetersaures Kali oder salpetersaures Natron in Auflösung bleibt.

Das aus dem Quecksilberoxydul erzeugte Chlorquecksilber nennt man Quecksilberchlorür, das aus dem Quecksilberoxyd entstehende Quecksilberchlorid. — Analoges gilt für die meisten Metalle; aus den Oxydulen entstehen durch Salzsäure Chlorüre, aus den Oxyden Chloride.

Salzsäure und Superoxyde. Wir erwähnten schon, daß in allen Fällen der Einwirkung der Salzsäure auf ein Metalloxyd aller Sauerstoff desselben sich mit Wasserstoff zu Wasser vereinigt. Nicht immer jedoch tritt alles Chlor der Salzsäure dabei an das Metall. Namentlich ist letzteres nicht bei der Zersetzung aller Oxydationsstufen des Mangans der Fall. Manganoxydul zerfällt zwar mit Salzsäure geradeauf in Wasser und Manganchlorür, eine in Wasser leicht lösliche, in rosenrothen Krystallen aus der Lösung zu erhältende Substanz. Dieselbe ist aber die einzige Chlorverbindung, welche vom Mangan existirt, und so oft daher eine höhere Oxydationsstufe des Mangans, Oxyd, Superoxyd oder eine Säure in der Wärme in Salzsäure aufgelöst wird, erhält man aus der Flüssigkeit beim Abdampfen zur Krystallisation nichts Anderes als jenes Manganchlorür. Deshalb entwickelt sich aber auch in allen diesen Fällen bei der Auflösung Chlor (§. 45), denn aller Sauerstoff, auch der, welcher in jenen höheren Oxydationsstufen auf gleich viel Mangan mehr enthalten ist als im Oxydul, verbindet sich mit Wasserstoff aus der Salzsäure, während das Metall keineswegs mehr Chlor aufnimmt als das Metall im Oxydul. Es ist daher zwar mehr Salzsäure zur Zersetzung des Oxyds und Superoxyds 2c. erforderlich, allein der Mehrbetrag des darin enthaltenen Chlors findet keine Verwendung, er entweicht daher in Gasform, — natürlich bei Anwendung des Superoxyds in größerer Menge als bei Anwendung des Oxyds 2c.

Wie man sieht, erhält man bei dieser Auflösung von Braunstein nur einen Theil des in der angewandten Salzsäure enthaltenen Chlors in Gasform, weil ein anderer in Verbindung mit dem Mangan, im Manganchlorür, zurückbleibt. Anders ist es, wenn man das Chlorgas unmittelbar aus Kochsalz, Braunstein und Schwefelsäure, die passend verdünnt ist, bereitet. Aus der hierbei entstehenden Lösung kann man nur schwefelsaures Manganoxydul, schwefelsaures Natron und ein Doppelsalz beider erhalten. Der diesem Versuche zu Grunde liegende Proceß muß daher in der Weise verlaufen, daß das Mangansuperoxyd den Sauerstoff, welchen es mehr enthält als Manganoxydul, an das Natrium des Kochsalzes abtritt, dessen Chlor dadurch vollständig in Freiheit gesetzt wird. Die so entstehenden

beiden Basen, Natron und Manganoxydul, vereinigen sich hierauf mit der Schwefelsäure.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Kochsalz}\\ \text{Mangansuperoxyd}\\ \text{Schwefelsäure}\\ \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Natrium} + \text{Chlor}\\ \text{Manganoxydul} + \text{Sauerstoff}\\ \text{Schwefelsäure}\\ \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\} =$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Chlor}\\ \text{Natrium} + \text{Sauerstoff}\\ \text{Manganoxydul}\\ \text{Schwefelsäure}\\ \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Chlor}\\ \text{Natron} + \text{Schwefelsäure}\\ \text{Manganoxydul} + \text{Schwefelsäure}\end{array}\right\}$$

Wie Mangansuperoxyd und die Säuren des Mangans, so entwickeln auch viele andere Superoxyde und Säuren der Metalle in der Wärme mit Salzsäure Chlor, während sich die den niedrigeren basischen Oxydationsstufen entsprechenden Chlorverbindungen bilden.

Die meisten wasserfreien Chlormetalle werden durch Schwefelsäurehydrat in der Wärme wie Chlornatrium in wasserfreies salzsaures Gas und Metalloxyd zersetzt, welches sich mit der Schwefelsäure zu einem wasserfreien Salze vereinigt. Enthält das Chlormetall Krystallwasser, oder wird verdünnte Schwefelsäure angewandt, so destillirt mit dem salzsauren Gase zugleich Wassergas über und erzeugt damit beim Abkühlen flüssige Salzsäure.

Die meisten Chlormetalle sind leicht in Wasser löslich, z. B. Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorcalcium, Chlorbaryum, Eisenchlorid, Kupferchlorid, Zinnchlorid; schwieriger löslich ist Bleichlorid und durchaus unlöslich sind Quecksilberchlorür und Silberchlorid. Letzteres ist auch in Salpetersäure unlöslich und schlägt sich als ein weißer, käsiger, im Lichte schwarz werdender Körper nieder, wenn flüssige Salzsäure oder ein aufgelöstes Chlormetall mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd vermischt wird.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Salzsäure}\\ \text{Salpetersaures Silberoxyd}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Chlor} + \text{Wasserstoff}\\ \text{Salpetersäure} + (\text{Silber} + \text{Sauerstoff})\end{array}\right\}$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Chlor} + \text{Silber}\\ \text{Wasserstoff} + \text{Sauerstoff}\\ \text{Salpetersäure}\end{array}\right\} \text{ꝛc. ꝛc.}$$

Deswegen kann aufgelöstes salpetersaures Silberoxyd als Mittel dienen, um Salzsäure oder ein Chlormetall in einer Flüssigkeit aufzufinden.

S a l z s ä u r e u n d S a l p e t e r s ä u r e, K ö n i g s w a s s e r. Vermischt man Salpetersäurehydrat (1 Gwtsth.) mit flüssiger Salzsäure (3 Gwtsth.), so wird die zuerst farblose Flüssigkeit bald, namentlich beim Erhitzen,

tief orangeroth. Destillirt man dieselbe in gelinder Wärme, so verdichtet sich in einer sehr stark abgekühlten Vorlage eine rothe, stark rauchende, eigenthümlich riechende Flüssigkeit, welche schon bei — 5° siedet und ein orangerothes Gas bildet. Mit überschüssigem Quecksilber zersetzt sich dieser Körper in Quecksilberchlorür und Stickoxyd. Man kann ihn demnach als eine Verbindung des letzteren mit Chlor — Chlorstickoxyd — betrachten.

Bei der Destillation der Salpetersalzsäure entweicht aus der Vorlage, in welcher sich das Chlorstickoxyd verdichtet hat, Chlorgas; die beiden Säuren, Salpetersäure und Salzsäure, wirken daher in der Art auf einander ein, daß erstere den Wasserstoff der letzteren zu Wasser oxydirt und dadurch zu Stickoxyd wird, welches sich mit einem Theil des vom Wasserstoff getrennten Chlors vereinigt, während ein anderer Theil Chlor frei bleibt.

Da hiernach das in Rede stehende Säuregemisch, besonders wenn es erwärmt wird, freies Chlor enthält, so läßt sich erwarten, daß dasselbe sehr geeignet sein wird, Metalle in Chlormetalle zu verwandeln, und in der That lösen sich selbst Gold und Platina, die von keiner einfachen Säure angegriffen werden, letzteres namentlich beim Erwärmen, leicht in dem Säuregemische auf. Diese Auflösungen hinterlassen, wenn sie in einer 100° nicht viel übersteigenden Temperatur abgedampft werden, rothbraune Rückstände, welche in starker Hitze in Chlor und Gold, beziehungsweise Chlor und Platin zerfallen. Das Gemenge von Salpetersäure und Salzsäure nennt man wegen seiner Fähigkeit, das Gold, den „König" der Metalle, aufzulösen, Königswasser.

§. 50.

Haloidsalze. Die auflöslichen Chlormetalle zeigen, wenn sie aus Lösungen auskrystallisirt sind, im Aeußeren, namentlich in ihrer Farbe, auffallende Aehnlichkeit mit den Sauerstoffsalzen derselben Metalle, und manche von ihnen vermögen sich wie diese mit Krystallwasser zu vereinigen, welches sie in höherer Temperatur, ohne sonst verändert zu werden, verlieren. (§. 49.)

Die Aehnlichkeit dieser beiden Körperclassen tritt jedoch noch mehr hervor, wenn sie in Auflösungen sind. Chlorkalium und Wasser z. B. enthalten zusammen dieselben Elemente, wie salzsaures Kali. Letzterer Körper kann nicht für sich dargestellt werden, er existirt nicht. Wenn er aber existirte, so würde seine wässerige Lösung nicht von der des Chlorkaliums unterschieden werden können, und auch diese Uebereinstimmung ist Ursache gewesen, daß man das Chlorkalium neben die Kalisalze gestellt hat.

Auch in anderen Fällen zeigt sich solche Uebereinstimmung. Vermischt man z. B. eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd mit Aetzkali-

lösung, so bildet sich ein blauer Niederschlag von Kupferoxydhydrat, während schwefelsaures Kali in der Lösung bleibt und durch Abdampfen derselben gewonnen werden kann.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Schwefelsaures Kupferoxyd}\\\text{Kalihydrat}\end{array}\right\}+=\left\{\begin{array}{l}\text{Schwefelsaures Kali}\\\text{Kupferoxydhydrat}\end{array}\right.$$

Wird eine Auflösung von Kupferchlorid mit Aetzkali vermischt, so erhält man auf dieselbe Weise Kupferoxydhydrat und Chlorkalium.

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Kupfer + Chlor}\\\text{(Kalium + Sauerstoff) + Wasser}\end{array}\right\}+=\left\{\begin{array}{l}\text{(Kupfer + Sauerstoff) + Wasser}\\\text{Kalium + Chlor}\end{array}\right\}$$

Mit einer Lösung von salzsaurem Kupferoxyd müßte man, wenn ein solcher Körper existirte, bei gleicher Behandlung Kupferoxydhydrat als Niederschlag und salzsaures Kaliumoxyd in Auflösung erhalten. Da aber letzteres in Auflösung, wie wir oben gesehen haben, mit Chlorkalium identisch ist, so wird dieser Fall sich von der Zersetzung des Kupferchlorids gar nicht unterscheiden.

Zwischen salzsauren Metalloxyden, wenn es solche Körper gäbe, und Chlormetallen, beide in Wasser aufgelöst gedacht, würde daher im Allgemeinen gar kein Unterschied aufgefunden werden können.

Aus all diesen Gründen nennt man die Chlormetalle ebenfalls Salze, und das Chlor, weil es schon allein, mit Metallen zusammentretend, solche Salze erzeugt, einen Salzbildner, ein Halogen (corpus halogenium, von ἅλς, Salz und γεννάω, ich erzeuge). Um aber diese Salze von den (§. 10) Sauerstoffsalzen zu unterscheiden, hat man ihnen noch den Specialnamen Haloidsalze gegeben. (ἅλς und εἴδομαι, ähnlich sein.)

§. 51.

Vorkommen des Chlors in der Natur. Das Chlor ist noch niemals frei in der Natur, sondern stets nur an Metalle gebunden, in Haloidsalzen, gefunden worden. Die bei weitem häufigste Chlorverbindung ist das Kochsalz, welches im Inneren der Erde in fester Form, in vielen Quellen und im Meerwasser dagegen aufgelöst vorkommt. Das als Steinsalz unmittelbar durch Bergbau zu Tage geförderte enthält kein Verknisterungswasser, wie das aus den Salzwassern durch Abdampfen gewonnene Quell- und Seesalz (§. 45).

§. 52.

Jod.

In manchen Küstenländern wächst am Seestrande eine Fucusart, welche ein eigenthümliches Element enthält. Wird die Asche, welche beim Verbrennen dieser Pflanze zurückbleibt und den Namen Kelp hat, mit Wasser

ausgelaugt und die Lösung abgedampft, so krystallisiren zunächst mancherlei Salze (Chlorkalium, Chlornatrium, schwefelsaures Kali, kohlensaures Natron 2c.) aus, welche der Menge nach den Hauptbestandtheil der in Lösung gegangenen Substanzen bilden. Fügt man zu der zurückbleibenden Flüssigkeit, — der sogenannten Mutterlauge *) — Schwefelsäurehydrat und (nachdem Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, die dabei auftreten, entwichen sind) Braunstein und destillirt man das Gemenge aus einer Retorte, so entwickelt sich ein violettes Gas, welches in einer Vorlage zu einem festen, grauen, metallisch glänzenden Körper verdichtet wird. Dieser Körper ist das erwähnte Element und heißt Jod oder Jodine. Bei abermaligem Erhitzen schmilzt er zuerst und verwandelt sich in eine dunkelbraune Flüssigkeit, welche in höherer Temperatur siedet und wieder jenes charakteristische Gas bildet (daher auch sein Name, von *ἰώδης*, veilchenfarben). Das Gas besitzt einen eigenthümlichen, die Athmungswerkzeuge stark reizenden Geruch. — In Wasser ist das Jod etwas mit gelblich brauner Farbe löslich.

Das Jod läßt sich mit den meisten anderen Elementen chemisch verbinden. Von besonderem Interesse ist eine Verbindung desselben mit Phosphor, welche man in dunkelrothen Krystallen erhält, wenn man die Auflösung beider Elemente in Schwefelkohlenstoff bei Abschluß der Luft durch Verdampfen concentrirt und alsdann sehr stark abkühlt. Es ist diese Verbindung weniger ihrer selbst wegen von Wichtigkeit, als wegen der Zersetzungsproducte, die sie mit Wasser bildet. Um letztere zu erhalten, ist es aber gar nicht nöthig, die Verbindung selbst zu bereiten, sie ergeben sich, wenn man gleichzeitig Phosphor und Jod mit Wasser in Berührung bringt, indem sich alsdann das Jodphosphor in dem Maße, wie er entsteht, mit dem Wasser zersetzt. Bedeckt man — am besten rothen — Phosphor in einer Gasentbindungsflasche mit einer schwachen Wasserschicht, fügt man sodann Jod hinzu und erwärmt man gelinde, so entwickelt sich ein farbloses Gas, welches ganz wie Salzsäure riecht und derselben auch in anderen Beziehungen sehr ähnlich ist, indem es sauer reagirt, an der Luft Nebel bildet und sich in Wasser leicht auflöst. Der Rückstand in der Flasche enthält, wie man sich nach §. 30 überzeugen kann, phosphorige Säure; der Phosphor hat also Sauerstoff aus dem Wasser aufgenommen und das Jod muß sich daher mit dem dadurch abgeschiedenen Wasserstoff vereinigt haben. Jenes Gas ist Jodwasserstoffsäure.

Neutralisirt man die Lösung des Jodwasserstoffs mit Kali und dampft man bis zu vollständiger Trockene ab, so erhält man als Rückstand eine

---

*) So nennt man überhaupt Flüssigkeiten, aus denen Körper auskrystallisirt sind.

weiße, in Wasser lösliche, leicht krystallisirende Masse. Wird eine nicht zu verdünnte Lösung derselben mit einer hinreichenden Menge von Chlorwasser versetzt, so scheidet sich Jod ab. Fährt man mit dem Zusatz des Chlorwassers so lange fort, als noch Jod niederfällt, filtrirt man alsdann die Flüssigkeit, fügt man zu dem Filtrat noch so viel Chlorwasser, daß es deutlich danach riecht, und verdampft man darauf zur Trockne, so bleibt Chlorkalium zurück, woraus folgt, daß die in Rede stehende Substanz aus Jod und Kalium besteht. Jodkalium. — Die Jodwasserstoffsäure erzeugt also mit Kali Jodkalium und natürlich noch Wasser, sie bildet auch in dieser Beziehung vollständig das Analogon der Salzsäure.

Wie mit Kali zersetzt sich die Jodwasserstoffsäure auch mit vielen anderen Metalloxyden und erzeugt Jodüre oder Jodide, welche ganz die allgemeinen Charaktere der Haloidsalze besitzen, wie sie in §. 50 von den Chlorverbindungen auseinandergesetzt worden sind. Da sie von Chlor, unter Austreibung des Jods, in Chlormetalle verwandelt werden, so kann die Verwandtschaft der Metalle zum Jod nicht so stark sein wie zum Chlor.

Mit Schwefelsäurehydrat zersetzt sich die Jodwasserstoffsäure in schweflige Säure, Wasser und freies Jod, weshalb man diese selben Zersetzungsproducte auch erhält, wenn Schwefelsäurehydrat mit Jodkalium zusammengebracht wird, so daß die Jodwasserstoffsäure nicht in ähnlicher Weise wie die Salzsäure dargestellt werden kann.

In der Kelpmutterlauge ist das Jod in Verbindung mit Natrium enthalten, bei seiner Abscheidung aus derselben wirken Schwefelsäure und Braunstein in ganz ähnlicher Weise wie sie das Chlornatrium zersetzen. (S. 76.)

§. 53.

Brom.

Außer dem Jod hat man noch zwei andere Elemente aufgefunden, welche mit dem Chlor in chemischer Beziehung ganz auf die nämliche Weise übereinstimmen — Brom und Fluor.

Ersteres kann aus den Mutterlaugen gewisser Salzquellen, z. B. der Kreuznacher, worin es als Bromnatrium vorkommt, auf ähnliche Weise erhalten werden, wie das Jod aus der Kelpmutterlauge und ist dann eine dunkel braunrothe Flüssigkeit von stark reizendem, unangenehmem Geruche (woher sein Name, *βρῶμος*, Gestank). In stärkerer Kälte verwandelt es sich in einen festen, spröden Körper, bei 45° siedet es und bildet ein braunrothes Gas. In Wasser ist es in geringer Menge löslich.

§. 54.

Fluor.

Es kommt in der Natur ein Mineral unter dem Namen Flußspath vor, welches schon gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts bekannt war und seiner leichten Schmelzbarkeit wegen fluor mineralis genannt wurde.

Dasselbe besteht aus Calcium und einem den drei vorhergehenden in chemischer Beziehung sehr ähnlichen Element, dem Fluor. Letzteres hat eine so große Neigung sich mit anderen Elementen zu verbinden, daß es, wenn man es in Metall-, Glas- oder Porcellangefäßen aus dem Flußspath abzuscheiden sucht, sofort auf das Material der Gefäße einwirkt und Fluorverbindungen erzeugt. Nur in Flußspathgefäßen läßt es sich isoliren. Diese sind aber so schwer zu beschaffen, daß nur sehr wenige Chemiker bis jetzt mit dem reinen Fluor experimentirt haben. Es soll ein farbloses Gas sein.

Jod, Brom, Fluor gehören, wie das Chlor, zu den Salzbildnern oder **Halogenen**, deren chemischer Charakter im Allgemeinen darin besteht, daß sie mit Wasserstoff Säuren bilden, welche sich nicht mit Metalloxyden vereinigen, sondern sich damit zersetzen in Wasser und Haloidsalze.

§. 55.

Bor.

Es ist schon früher erwähnt worden, daß hin und wieder in vulcanischen Gegenden der Erde Wasserdampfmassen dem Boden entströmen, welche noch eine Menge anderer gasförmiger Producte der unterirdischen vulcanischen Thätigkeit zu Tage führen. In Toscana z. B. strömen manche, Suffioni genannt, geradezu in die Luft, andere steigen im Grunde kleiner Schlammseen auf (Lagunen).

Man hat dort die Mündungen der meisten Suffioni mit kesselartigen Vertiefungen ummauert, in deren tiefsten Punkten die Gasströme ausmünden. Diese füllt man mit Wasser und erzeugt so künstliche Lagunen, welche alle löslichen Bestandtheile der Dampfströme zurückhalten, von denen einer, die Borsäure, in den Gewerben in nicht unbeträchtlicher Menge consumirt wird. Dampft man das Wasser, nachdem es eine hinlängliche Zeit den Dämpfen ausgesetzt gewesen ist, ab, so scheidet sich daraus viel schwefelsaure Kalkerde aus und setzt sich zu Boden. Die davon befreite Flüssigkeit liefert bei weiterem Abdampfen einen weißen, krystallisirten Körper, welcher eine sehr unreine, Krystallwasser enthaltende Borsäure ist. Dieselbe löst sich in Wasser unverändert auf und röthet Lackmuspapier schwach.

Wird sie nach Austreibung des Krystallwassers mit kohlensaurem Natron stark erhitzt, so entweicht die Kohlensäure, und der erhaltene glasartige Rückstand löst sich in Wasser leicht auf. Wird er in concentrirter, heißer Lösung mit Salzsäure vermischt, so scheidet sich beim Erkalten Borsäure in Krystallen aus, während in der Flüssigkeit Chlornatrium zurückbleibt. Das Salz ist also borsaures Natron.

Die Borsäure verbindet sich nicht allein mit dem Natron, sie kann auch noch mit anderen basischen Oxyden zu Salzen zusammentreten und führt daher den Namen einer Säure mit Recht.

Eine Verbindung von Borsäure mit Natron kommt in der Natur vor und wird schon von Schriftstellern des fünfzehnten Jahrhunderts unter dem aus dem Arabischen stammenden Namen Borax erwähnt (woher der Name Borsäure).

Die wasserfreie Borsäure läßt sich in höherer Temperatur schmelzen, jedoch, selbst in der stärksten Hitze, nur in sehr geringem Grade verdampfen; wasserhaltige Säure verflüchtigt sich dagegen mit Wasserdämpfen ziemlich reichlich, woraus sich der Gehalt der Suffioni an Borsäure leicht verstehen läßt.

Die aus borsaurem Natron mit Salzsäure dargestellte Säure kann durch Umkrystallisiren vollkommen rein erhalten werden; wird sie entwässert und in einem eisernen Tiegel mit Natrium geschmolzen, so verwandelt sich das Metall in eine weiße, geschmolzene Salzmasse und es scheidet sich ein dunkelbräunliches Pulver aus, ohne daß sich ein Gas entwickelt. Wasser zieht aus der erkalteten und gepulverten Masse borsaures Natron und überschüssige Borsäure aus und läßt das Pulver unverändert. Dieses letztere hat man nicht weiter in Bestandtheile zerlegen können, es ist also ein Element. Wird es in einem Strome von Sauerstoff erhitzt, so vereinigt es sich damit zu Borsäure. Es ist also das Radical der Borsäure und wird Boron oder Bor genannt. — An der Luft erhitzt, verglimmt es ebenfalls unter lebhaftem Funkensprühen zu Borsäure. — Aus Borsäure und Natrium entsteht es auf folgende Weise:

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Borsäure + Borsäure}\\ \text{Natrium}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{(Bor + Sauerstoff) + Borsäure}\\ \text{Natrium}\end{array}\right\} + =$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{(Natrium + Sauerstoff) + Borsäure}\\ \text{Bor}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Borsaures Natron}\\ \text{Bor}\end{array}\right\}$$

§. 56.

Silicium.

Kieselsäure. Kocht man feinen Sand oder Pulver von Quarz oder Bergkrystall mit Salzsäure, so bleibt der größte Theil davon als ein rein

weißes Pulver ungelöst. Wird letzteres nach dem Trocknen portionenweise mit kohlensaurem Kali vermischt, welches in einem Platintiegel im Schmelzen erhalten wird, so entweicht die Kohlensäure mit lebhaftem Aufbrausen. Hat man hierbei nicht mehr als 2 Gewichtstheile Sand 2c. auf 3 Theile kohlensaures Kali genommen, so löst sich die zusammengeschmolzene Masse bis auf eine geringe fremde Verunreinigung, welche durch den Sand 2c. hinzugekommen ist, in Wasser leicht auf. Wird die nicht zu verdünnte Auflösung mit Salzsäure vermischt, so scheidet sich ein gallertartiger Körper ab, der, nachdem er von der Flüssigkeit getrennt und durch Wärme getrocknet worden ist, eine weiße, feine, erdige Masse darstellt. Dieser Körper ist vollkommen identisch mit dem ursprünglich angewandten Sand 2c. Wie dieser löst er sich in Wasser und Säuren nicht auf, er wirkt auf Lackmuspapier bei der Berührung nicht ein, treibt aber aus schmelzendem kohlensaurem Kali die Kohlensäure wieder aus und vereinigt sich mit dem Kali zu einem auflöslichen Salze, aus dessen Lösung er durch Salzsäure unverändert abgeschieden wird, während sich in der Flüssigkeit Chlorkalium bildet. Der Körper hat also die Haupteigenschaft einer Säure; — er ist Kieselsäure (Kieselerde).

Chlorsilicium und Silicium. Er ist kein einfacher Körper, läßt sich aber nur schwierig und sehr umständlich in seine Bestandtheile zerlegen. Wird ein Gemenge desselben mit viel Kohle in einem glühenden Porcellanrohre einem Strome von trocknem Chlorgas ausgesetzt, so entweicht Kohlenoxydgas, ein Beweis, daß die Kieselsäure Sauerstoff enthält. Außerdem bildet sich dabei ein Gas, welches sich in abgekühlten Gefäßen zu einer farblosen, flüchtigen, stechend sauren Flüssigkeit verdichtet. Diese Flüssigkeit verwandelt sich mit Wasser in aufgelöst bleibende Salzsäure und gallertartig abgeschiedene Kieselsäure, sie muß daher aus Chlor und Demjenigen bestehen, was außer Sauerstoff in der Kieselsäure enthalten ist.

Wird die Flüssigkeit in Gas verwandelt und in diesem Gase Kalium erhitzt, so verbrennt es mit einem lebhaften Feuerphänomen und verwandelt sich in eine braune Masse. Wird letztere in Wasser gebracht, so löst sich Chlorkalium aus ihr auf, während ein anderer, ein grünlich brauner, pulverförmiger Körper zurückbleibt, der bis jetzt noch nicht in Bestandtheile zerlegt worden ist und, an der Luft, oder noch besser in Sauerstoffgas, erhitzt, mit Feuererscheinung zu einem weißen Pulver verbrennt, welches alle Eigenschaften der Kieselsäure besitzt. Das braune Element muß also Dasjenige sein, was außer Sauerstoff in der Kieselerde enthalten ist — Kiesel oder Silicium (silex: Kieselstein).

Wir werden ferner einsehen, daß jene Flüssigkeit, aus welcher das Silicium abgeschieden wird, weil sie mit Kalium Chlorkalium und Silicium erzeugt, aus Chlor und Silicium zusammengesetzt sein muß, *Chlorsilicium*. — Auch die Bildung von Chlorsilicium aus Chlor, Kieselsäure und Kohle ist nicht schwierig zu verstehen. Folgendes Schema mag sie veranschaulichen:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Chlor und Kohle}\\ \text{Silicium + Sauerstoff}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Kohle + Sauerstoff}\\ \text{Chlor + Silicium}\end{array}\right\} + \left\{\begin{array}{l}\text{Kohlenoxydgas}\\ \text{Chlorsilicium}\end{array}\right\}$$

Wird Kieselsäure für sich allein im Chlorgase geglüht, so bleibt sie völlig unverändert; nur wenn gleichzeitig Kohle vorhanden ist, welche ihr dabei den Sauerstoff entzieht, entsteht Chlorsilicium.

Glas. Wird Kieselsäure mit kohlensaurem Kali und kohlensaurer Kalkerde zusammengeschmolzen, so treibt sie aus beiden Salzen die Kohlensäure aus und verbindet sich mit den Basen. Das kieselsaure Kali und die kieselsaure Kalkerde bilden ein in allen Säuren unlösliches Doppelsalz, welches in seinem Aeußeren eine durchsichtige, wasserklare, harte, spröde Masse darstellt. Seine ziemlich leichte Schmelzbarkeit, durch die es in höherer Temperatur sich in einen sehr bildsamen Zustand versetzen läßt, macht es zur fabrikmäßigen Darstellung vieler Geräthschaften geeignet, welche wegen der Durchsichtigkeit und völligen Unlöslichkeit des Materials die mannigfaltigste Verwendung finden. — Es ist das Glas. —

Vorkommen des Siliciums in der Natur. Das Silicium ist eins der am häufigsten auf der Erde vorkommenden Elemente. Niemals frei auftretend, bildet es mit Sauerstoff als freie Kieselsäure, wie in kieselsauren Salzen einen der bedeutendsten Bestandtheile der Erdrinde. Vollkommen reine Kieselerde stellt in regelmäßigen Krystallen den wasserhellen *Bergkrystall* (unächten Demant), und in amorphem Zustande den dichten, weißen, undurchsichtigen *Quarz* dar. *Achat*, *Sandstein* und *Feuerstein* sind der Hauptmasse nach Kieselsäure und enthalten nur geringe Mengen färbender Metalloxyde oder organischer Substanzen; *Glimmer*, *Feldspath*, *Granat* und *Smaragd* sind kieselsaure Salze, *Grünstein* und *Basalt* Gemenge verschiedener solcher Salze, während *Granit* und *Thonschiefer* neben solchen Salzen noch freie Kieselerde als Quarz enthalten. Eine Anzahl der erwähnten Mineralien z. B. Quarzfels, Sandstein, Thonschiefer, Basalt und Granit sind es eben, aus welchen, wenn nicht der größte, so doch wenigstens ein sehr großer Theil der äußeren Erdmasse zusammengesetzt ist.

§. 57.

Geschichtliches.

Von den bisher abgehandelten Elementen sind nur Schwefel und Kohlenstoff dem Alterthume bekannt gewesen. Das Antimon wurde gegen Ende des 15ten Jahrhunderts, Wasserstoff im 16ten, Phosphor im 17ten, Arsenik im Anfang des 18ten und die übrigen in den letzten 100 Jahren zuerst aufgefunden.

Metalle.

§. 58.

Im Vorhergehenden ist schon öfter von den Metallen die Rede gewesen, sowie davon, daß sie mit Sauerstoff zu Oxyden, mit Chlor zu Chloriden und mit Schwefel zu Schwefelmetallen, endlich davon, daß ihre Oxyde unter verschiedenen Umständen mit Säuren zu Salzen vereinigt werden können; im Folgenden wollen wir nun noch einmal jedes Metall mit seinen hauptsächlichsten Verbindungen im Zusammenhange betrachten und mit den übrigen vergleichen. — Während wir früher die Metalle als etwas Gegebenes ansahen, werden wir nun erfahren, daß nur wenige frei in der Natur vorkommen, und von diesen wiederum die meisten nur in so geringer Menge, daß sie, wenigstens für die industrielle Anwendung, künstlich aus ihren Verbindungen abgeschieden werden müssen. —

Alkalimetalle.

§. 59.

Kalium.

Potasche. Holzasche wird zum großen Theil von Wasser aufgelöst, und die filtrirte Lösung läßt beim Abdampfen einen bräunlich oder grünlich gefärbten Rückstand (rohe Potasche), den man durch Glühen an der Luft, weil die färbende, organische Verunreinigung dabei verbrennt, rein weiß machen kann. Beim abermaligen Behandeln mit Wasser löst er sich mit Zurücklassung eines Rückstandes, den man leicht als Kieselerde erkennt, wieder auf. Kocht man diese Lösung bis zu einem gewissen Grade ein, so scheidet sich beim Erkalten eine Anzahl von Krystallen aus, und wenn man, sobald dies aufgehört hat, vollständig zur Trockne eindampft, so be-

kommt man eine weiße, amorphe Masse als Rückstand (gereinigte Potasche). Wasser zieht also aus der Holzasche dreierlei Körper aus, welche man auf die beschriebene Weise trennen kann.

Der letzte Rückstand, welcher die bei weitem größte Menge der rohen Potasche ausmacht, zieht mit Lebhaftigkeit Wasser aus der Luft an, löst sich in Wasser leicht auf und färbt in dieser Lösung Curcumapapier braun. Wird er mit Schwefelsäure übergossen, so läßt er unter Aufbrausen Kohlensäure entweichen, woraus hervorgeht, daß er ein kohlensaures Salz ist. Aus der Auflösung des Körpers in Wasser entweicht bei Säurezusatz die Kohlensäure ebenfalls.

Wenn man eine nicht zu concentrirte Auflösung des Körpers in Wasser in einem eisernen Gefäße erhitzt, darauf mit einem breiartigen Gemenge von gebranntem Kalk und Wasser portionenweise vermischt und die trübe Flüssigkeit, nachdem sie einige Zeit lang gekocht hat, in ein hohes, luftdicht verschließbares Gefäß gießt, so setzt sich nach und nach ein weißer Bodensatz ab, von welchem sich die Flüssigkeit vollkommen klar abgießen läßt. Letztere schmeckt stark laugenhaft, wirkt auf organische Körper zerstörend, ätzend, ein und hat, wenn man eine hinlängliche Menge Kalk anwandte, die Eigenschaft, mit Säuren aufzubrausen, vollkommen verloren. Auf Pflanzenfarben wirkt sie gerade so wie früher, nur noch stärker. Dabei ist aber der erwähnte Bodensatz in kohlensaures Calciumoxyd verwandelt worden, während die Flüssigkeit keine Kohlensäure mehr enthält. In letzterer kann sich also nur noch die Basis des kohlensauren Salzes befinden. Bei vorsichtigem Zugießen von verdünnter Schwefelsäure verliert sie die Eigenschaft ganz auf Pflanzenfarben zu wirken. Da hierbei diese Eigenschaft sowohl bezüglich des aufgelösten Körpers, wie bezüglich der Schwefelsäure vernichtet wird, so schließen wir, daß beide eine chemische Verbindung mit einander eingehen, und finden darin einen neuen Beweis dafür, daß der aufgelöste Körper eine Basis ist.

Aus der so neutralisirten Flüssigkeit kann man durch Abdampfen einen festen Körper krystallisirt erhalten, der die Verbindung der Basis mit Schwefelsäure in fester Form ist.

Kali. Wenn man aber die Flüssigkeit, ohne sie zu neutralisiren, vollständig zur Trockne abdampft, so bleibt ein fester, weißer, amorpher, ätzender Körper zurück, welcher, wieder in Wasser gelöst, alkalisch reagirt. In verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, vernichtet er allmälig die saure Reaction derselben, indem er sich mit der Säure verbindet, und die Auflösung liefert beim Abdampfen das erwähnte schwefelsaure Salz. Dieser Körper ist die in Rede stehende Basis in festem Zustande. Er ist schon vor langer

Zeit den Arabern bekannt gewesen und von diesen Alkali oder Kali*) genannt worden. Seiner ätzenden Eigenschaften wegen brauchen wir dafür auch den Namen Aetzkali (lapis causticus).

Das reine Aetzkali hat die Eigenschaft, Wasser aus der Luft anzuziehen, in noch höherem Grade als das kohlensaure Salz.

Es verhält sich außerdem gegen Salpetersäure, Kieselsäure, Borsäure, Salzsäure ꝛc., wie die von uns unter demselben Namen zuerst §. 8 angeführte Basis, und die schwefelsauren und kohlensauren Salze beider sind ebenfalls identisch. Daß aber das aus der Holzasche erzeugte Kali in der That Kaliummetall und Sauerstoff enthält, wird Folgendes lehren.

Kaliummetall. Wird nämlich Kali als kohlensaures Kali mit Kohle innig gemengt und auf eine später genauer zu beschreibende Weise einer starken Hitze ausgesetzt, so bilden sich Kalium und Kohlenoxydgas.

Das Metall ist weiß, mit einem Stich in's Bläuliche, und glänzend, überzieht sich aber in der Luft rasch mit einer matten, weißen, erdigen Kruste. In trocknem Sauerstoffgase erhitzt, erzeugt es unter Feuererscheinung, falls die Sauerstoffmenge genau abgepaßt ist**), Kaliumoxyd (§. 8), einen weißen, festen, in der Rothglühhitze schmelzenden und in sehr hoher Temperatur flüchtigen Körper. Wird dieser mit Wasser zusammengebracht, so vereinigt er sich damit unter starker Erwärmung zu Kaliumoxydhydrat oder Kalihydrat. Letzteres entwickelt, wenn es mit Kalium stark erhitzt wird, Wasserstoffgas und es entsteht reines Kaliumoxyd. Stellt man diesen Versuch mit dem aus Potasche durch Kalk gewonnenen Aetzkali und reinem Kalium an, so überzeugt man sich leicht, daß ersteres ebenfalls Kaliumoxydhydrat ist. Das Wasser ist so innig mit dem Kaliumoxyd vereinigt, daß es nicht durch Hitze davon getrennt werden kann. In sehr hoher Temperatur verdampft das geschmolzene Hydrat unverändert.

Auf Wasser schwimmt das Kalium, zersetzt dasselbe aber gleichzeitig (§. 18) und entwickelt dabei durch seine Oxydation so viel Wärme, daß der in Freiheit gesetzte Wasserstoff an der Luft sofort mit Flamme verbrennt.

Nicht aber allein auf Kosten der Luft und des Wassers vermag das Kalium sich zu oxydiren; sein Streben zum Sauerstoff ist so groß, daß es ihn fast aus allen Verbindungen desselben an sich ziehen kann (§. 40 und §. 55). Daher muß man es stets unter einer Flüssigkeit aufbewahren,

---

*) Kaljun bedeutet im Arabischen die Asche gewisser Pflanzen; al ist der arabische Artikel.

**) Im entgegengesetzten Falle entsteht Kaliumsuperoxyd oder Kaliumsuboxyd.

welche keinen Sauerstoff enthält, und dazu ist Steinöl, ein nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehender Körper, welcher an einigen Stellen der Erde dem Boden flüssig entquillt, besonders geeignet.

Bei gewöhnlicher Temperatur hat das Kalium Wachsconsistenz, bei 0° ist es spröde, bei 55° schmilzt es und in der Rothglühhitze verwandelt es sich in ein grünes Gas.

Ueber die Salze des Kalis siehe noch: schwefelsaures Kali §. 23, salpetersaures Kali (Salpeter) §. 28, kohlensaures Kali (Potasche) §. 40, kieselsaures Kali §. 56, Chlorkalium §. 49, Jodkalium §. 52.

Wenn frisch bereitetes Aetzkali in fester oder aufgelöster Form längere Zeit an der Luft gestanden hat, so braust es beim Uebergießen mit Säuren lebhaft auf. Das Kaliumoxyd hat also auch zur Kohlensäure ein so lebhaftes Vereinigungsstreben, daß es dieselbe aus der Luft in sich aufnimmt. Obgleich die Kohlensäure dabei so innig an das Kali gebunden wird, daß sie durch die strengste Glühhitze nicht ausgetrieben wird, neutralisirt sie das Kali doch nicht vollständig, denn die Auflösung des Salzes reagirt, wie die der Basis, alkalisch.

Schwefelkalium. Wird schwefelsaures Kali mit Kohle geglüht, die Masse darauf mit Wasser ausgelaugt und die Lösung zur Trockne verdampft, so erhält man einen hellrothen, bei längerem Stehen an der Luft zerfließenden Körper, welcher mit verdünnter Schwefelsäure übergossen Schwefelwasserstoff und schwefelsaures Kali bildet, also eine Verbindung von Schwefel mit Kalium sein muß (§. 24).

{ Schwefel + Kalium
{ Wasser und Schwefelsäure } + =

{ Schwefel + Kalium
{ Wasserstoff + Sauerstoff und Schwefelsäure } + =

{ Schwefel + Wasserstoff
{ Kalium + Sauerstoff und Schwefelsäure } + =

{ Schwefelwasserstoff
{ Schwefelsaures Kali. }

Die Entstehung des Schwefelkaliums aus Kohle und schwefelsaurem Kali mag folgendes Schema veranschaulichen:

{ Kohle
{ Schwefelsäure + Kali } + =

{ Kohle
{ Schwefel + Sauerstoff und Kalium + Sauerstoff } + =

{ Kohle + Sauerstoff
{ Schwefel + Kalium } + = { Kohlenoxyd
{ Schwefelkalium }

Schmilzt man gleiche Gewichtstheile Schwefel und kohlensaures Kali in der Glühhitze zusammen, so entweicht Kohlensäure, und man erhält einen bräunlichen Körper, die sogenannte Schwefelleber, der in Wasser leicht löslich ist und beim Vermischen mit verdünnter Schwefelsäure, außer Schwefelwasserstoff und schwefelsaurem Kali in Lösung, noch Schwefel als weißen, sehr fein vertheilten Niederschlag erzeugt, in welchem also eine höhere Schweflungsstufe des Kaliums enthalten sein muß, als die oben erwähnte. Dieselbe enthält fünfmal so viel Schwefel auf gleich viel Kalium als jene. — Schwefelmilch. —

Außer Schwefelkalium enthält die Schwefelleber noch schwefelsaures Kali:

Schwefel		Schwefel	
Schwefel	=	Schwefel	=
Kohlensaures Kali		Kohlensäure und Kalium + Sauerstoff	
Kohlensaures Kali		Kohlensäure + Kali	

Kalium + Schwefel		Schwefelkalium		Schwefelkalium
Schwefel + Sauerstoff	=	Schwefelsäure	=	Schwefelsaures Kali
Kohlensäure		Kohlensäure		Kohlensäure
Kohlensäure + Kali		Kohlensäure + Kali		Kohlensäure

Außer diesen beiden giebt es noch mehrere Verbindungsstufen zwischen Schwefel und Kalium, von denen später die Rede sein soll.

Kalium und Kaliumoxyd kommen in der Natur nirgend frei vor, und von den Salzen des letzteren sind die kieselsauren (§. 56) die häufigsten, während in geringeren Mengen auch Salpeter, kohlensaures Kali und Chlorkalium angetroffen werden. Ersterer effloreseirt an manchen Stellen aus der Erde. Die beiden anderen Salze finden sich hin und wieder in Mineralwassern aufgelöst.

Daß die Pflanzen Kalisalze enthalten, beweist der Gehalt ihrer Asche an kohlensaurem Kali. Ob aber das kohlensaure Salz schon in der lebenden Pflanze vorhanden ist, oder erst durch die Verbrennung aus anderen Kalisalzen entsteht, darüber wird später Aufklärung ertheilt werden.

§. 60.

Natrium.

Kochsalz. Die in der Natur am häufigsten vorkommende Verbindung des Natriums, das Chlornatrium, das gewöhnliche Kochsalz (§. 45 und §. 51), stimmt in ihren Eigenschaften mit dem in §. 59 erwähnten Chlorkalium fast vollständig überein, und die Erkenntniß davon, daß sie ein von dem Kalium verschiedenes Metall enthält, läßt sich nur aus anderen von ihr abzuleitenden Substanzen schöpfen. Das schwefelsaure Salz,

(schwefelsaures Natron, **Glaubersalz**), welches man (§. 45) aus dem Kochsalz darstellen kann, unterscheidet sich zwar schon ziemlich wesentlich vom schwefelsauren Kali, weil es in ganz anderen Gestalten krystallisirt, dabei Krystallwasser enthält, welches es, an der Luft verwitternd, schon bei gewöhnlicher Temperatur verliert, während die Krystalle des schwefelsauren Kalis wasserfrei sind, allein ähnliche Unterschiede können unter verschiedenen Umständen bei einem und demselben Körper vorkommen, weshalb die Vergleichung der beiden schwefelsauren Salze doch nicht ausreicht, um eine Verschiedenheit der darin enthaltenen Metalle zu beweisen.

Wird jenes schwefelsaure Salz mit Kohle in pulverförmiger Gestalt innig gemengt und zusammengeschmolzen, so entweicht Kohlenoxydgas. Die erkaltete Masse löst sich, nachdem die Gasentwickelung aufgehört hat, bis auf etwas überschüssig zugesetzte Kohle leicht in Wasser auf, und diese Lösung läßt nach dem Abdampfen einen hellrothen Rückstand, der beim Uebergießen mit verdünnter Schwefelsäure Schwefelwasserstoff und schwefelsaures Salz entstehen läßt, also ein Schwefelmetall (**Schwefelnatrium**) ist (§. 24 und §. 59). Auch dieses Schwefelmetall ist wieder in allen Beziehungen dem Schwefelkalium durchaus ähnlich.

Wird dasselbe aber mit einer ausreichenden Menge kohlensauren Calciumoxyds (gew. rohen Kalksteins) — beide in Pulverform — zusammengeschmolzen, und die erkaltete Masse mit Wasser ausgelaugt, so bleibt eine Verbindung von Schwefelcalcium mit Kalkerde ungelöst zurück, während sich ein kohlensaures Salz (kohlensaures Natron), im Handel gewöhnlich **Soda***) genannt, auflöst. Letzteres kann aus der Flüssigkeit durch Abdampfen leicht in Krystallen erhalten werden, welche unter Verlust von Krystallwasser an der Luft bald verwittern und daher von dem kohlensauren Kali, das nur schwer krystallisirt erhalten werden kann und aus der Luft lebhaft Wasser anzieht, so wesentlich abweichen, daß man beide Salze nicht mehr für identisch halten kann, wiewohl sie andererseits in vielen wichtigen Punkten, namentlich in ihrer alkalischen Reaction und in der Thatsache, daß sie die Kohlensäure in der Glühhitze nicht verlieren, wieder übereinstimmen.

Der Proceß der Entstehung des kohlensauren Salzes aus dem Schwefelmetall wird durch folgendes Schema erläutert.

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Kohlensäure} + \text{Calciumoxyd} \\ \text{Schwefel} + \text{Natrium}\end{array}\right\} + =$$

*) Ein spanisches, wahrscheinlich dem Arabischen entstammendes Wort, welches ursprünglich eine Pflanze bezeichnet, die an Meeresküsten wächst und deren Asche kohlensaures Natron enthält (§. 52).

{Kohlensäure + (Calcium + Sauerstoff)}
{Schwefel + Natrium} + =
{Calcium + Schwefel}
{Kohlensäure + (Natrium + Sauerstoff)}

Man kann, wie das namentlich bei der fabrikmäßigen Darstellung der Soda geschieht, die beiden zuletzt erwähnten Processe der Bildung des Schwefelnatriums aus dem Glaubersalz und dessen Ueberführung in Soda durch Glühen von Glaubersalz mit Kohle und Kalkstein in einer Operation gleichzeitig ausführen.

Natron. Die Basis der Soda, welche in Verbindung mit Wasser (Natron, Aetznatron, Natriumoxydhydrat) durch Kalkbrei genau so, wie das Kali aus dem kohlensauren Kali (§. 59), abgeschieden werden kann, zeigt mit dem Aetzkali wieder in allen Eigenschaften (Auflöslichkeit in Wasser, alkalische Reaction, Anziehen von Wasser und Kohlensäure aus der Luft, Zurückhalten des Hydratwassers in der Hitze, Schmelzbarkeit, Fähigkeit in hoher Temperatur zu verdampfen rc.) so große Uebereinstimmung, daß sich beide kaum von einander unterscheiden lassen, wohingegen endlich das aus dem kohlensauren Natron durch Reduction mit Kohle darstellbare Metall **Natrium** dem Kalium zwar auch in hohem Grade ähnlich ist, aber doch so wesentliche Abweichungen von demselben zeigt, daß es als ein eigenes Metall angesehen werden muß.

Abgesehen davon nämlich, daß es eine rein weiße Farbe besitzt, erst bei 95,6° schmilzt und in der Rothglühhitze farblose Dämpfe bildet, ist sein Vereinigungsstreben auch entschieden schwächer als das des Kaliums. Es oxydirt sich zwar bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ziemlich rasch, aber doch sichtlich langsamer als Kalium, und zersetzt zwar auch in der Kälte das reine Wasser, ohne jedoch eine Flammenverbrennung zu veranlassen, wenn die Luft dabei Zutritt hat, aus welchem letzteren Versuche namentlich hervorgeht, daß es den Sauerstoff dabei mit weit geringerer Energie aufnimmt, da es keine so starke Hitze entwickelt, daß das frei gewordene Wasserstoffgas sich entzünden kann. — Natrium schwimmt auf Wasser wie Kalium.

Ueber die Salze des Natriums siehe außerdem noch: schwefelsaures Natron (§. 28 und §. 45), salpetersaures Natron (§. 28), Chlornatrium (§. 45, §. 47 und §. 51).

§. 61.

Lithium, Cäsium, Rubidium.

Diese drei Metalle stehen in allen wesentlichen Eigenschaften den beiden eben abgehandelten sehr nahe.

Lithium, seit 1817 bekannt, bildet mit Sauerstoff das Lithiumoxyd, welches in Verbindung mit Säuren in mehreren seltenen Mineralien*) (mit Phosphorsäure im Triphyllin, mit Kieselsäure im Petalit) vorkommt. Kohlensaures Lithiumoxyd und Chlorlithium finden sich in sehr geringer Menge in manchen Mineralquellen.

Cäsium**) und **Rubidium*****), von denen ersteres 1860, letzteres 1861 entdeckt wurde, kommen in Verbindung mit Sauerstoff und Kieselsäure im Lepidolith und mehreren anderen Mineralien, sodann in Verbindung mit Chlor in manchen Mineralquellen (Dürkheimer, Wiesbadener Kochbrunnen, Sodener Sprudelquelle rc.) vor.

Metalle der alkalischen Erden.

§. 62.

Calcium.†)

Wir haben schon früher gesehen (§. 40), daß einige sehr verbreitete Mineralien, Kalkspath, Marmor, Kreide und Kalkstein, kohlensaures Calciumoxyd sind, und daß beim Glühen des Marmors z. B. die Kohlensäure entweicht und Calciumoxyd zurückbleibt (§§. 8 u. 10).

Aus letzterem läßt sich, durch später genauer abzuhandelnde Versuche, ein gelbliches, dem Kalium und Natrium durch leichte Oxydirbarkeit ähnliches Metall darstellen. Dasselbe kann aber nicht in Gas verwandelt werden und ist schwieriger schmelzbar als jene Metalle. Es ist schwerer als Wasser, zersetzt dasselbe jedoch unter Entwickelung von Wasserstoffgas; in trockener Luft oxydirt es sich sehr langsam, beim Erhitzen verbrennt es mit intensiver Lichtentwickelung zu Calciumoxyd, Kalkerde.

Liegt die Kalkerde einige Zeit in kohlensäurefreier, feuchter Luft, so zieht sie mit Lebhaftigkeit Wasser an und giebt dasselbe erst bei starkem Erhitzen wieder ab (§. 10 und §. 20). Beim Vermischen mit wenig flüssigem Wasser erhitzt sich die Erde so stark, daß ein Theil des Wassers in Dampf verwandelt wird. Das übrige Wasser bildet mit der Erde eine chemische Verbindung, welche stark ätzende Eigenschaften besitzt, — Kalkerdehydrat, Aetzkalk, — und erst ein größerer Wasserzusatz vermag

---

*) Daher der Name, λιθίον, kleiner Stein.

**) Die Verbindungen dieses Metalls können unter später genauer zu erörternden Umständen einer farblosen Lichtflamme eine characteristisch blaue Färbung ertheilen (caesius, blaugrau).

***) Rubidus, dunkelroth. Die Verbindungen des Metalls können in ähnlicher Weise farblose Lichtflammen eigenthümlich roth färben.

†) Calx, der Kalk.

die Bildung eines Breis — Kalkbrei — zu veranlassen. Mit noch mehr Wasser entsteht Kalkmilch, und in sehr viel Wasser löst sich die Erde vollständig auf — Kalkwasser. — Diese Auflösung schmeckt laugenhaft und reagirt auf Pflanzenfarben alkalisch. Liegt das Calciummetall in feuchter Luft, so überzieht es sich bald mit einer grauen Schicht und wird allmälig zu Oxydhydrat.

Kohlensaure Kalkerde. Im Vorhergehenden ist schon einmal (§. 40) erwähnt worden, daß, wenn Kohlensäure durch Kalkwasser geleitet wird, kohlensaure Kalkerde sich als ein vollkommen unlösliches Pulver abscheidet; auch wenn Kalkwasser nur längere Zeit an der Luft steht (§. 40), bedeckt es sich schon mit einer festen, weißen Haut, die allmälig in dem Maße, als sie fester wird, zu Boden sinkt und sich beim Uebergießen mit Säuren durch Aufbrausen als kohlensaure Kalkerde zu erkennen giebt. Auch der feste Aetzkalk braust, wenn er einige Zeit an der Luft gelegen hat, lebhaft mit Säuren auf. Das Calciumoxyd hat also ein so starkes Vereinigungsstreben zur Kohlensäure, daß es dieselbe aus der Luft anzuziehen vermag.

Ein Kalkbrei erhärtet durch diese Verwandlung in kohlensaures Salz bedeutend, eine Eigenschaft, die man zur Darstellung von Mörtel in den Gewerben vielfältig benutzt. Die hierzu zu verwendende Kalkerde wird aus gewöhnlichem Kalkstein durch Brennen (Glühen) gewonnen und mit Wasser zu einem dicken Brei angemacht. Dabei löscht sich, wie man zu sagen pflegt, die Kalkerde (häufig schlechthin auch Kalk genannt) zuerst, unter welchem Ausdrucke man die mit heftiger Erhitzung verbundene Vereinigung der ersten Wasserquantitäten mit dem reinen Calciumoxyd versteht. (Zusatz von Quarzsand).

Wird durch Wasser, in welchem kohlensaure Kalkerde als Pulver aufgeschwemmt ist, Kohlensäure geleitet, so löst sich das Salz auf. Beim Kochen der Lösung entweicht die Kohlensäure, und das Salz scheidet sich wieder als fester Körper ab. Diese Eigenschaft der kohlensauren Kalkerde, in Wasser, welches freie Kohlensäure enthält, auflöslich zu sein, bedingt ihr Vorkommen in manchen Quellen, besonders in Mineralquellen. Die weiße Haut, mit der sich das Wasser derselben überzieht, wenn es an der Luft steht, und der Sinter, den sie am Rande ihres Bettes absetzen, sind, kohlensaure Kalkerde, welche, weil an der Luft die freie Kohlensäure entweicht, nicht mehr aufgelöst bleiben kann. — Kesselstein in Dampfkesseln.

Die Bildung des Chlorcalciums aus Kalkerde und Salzsäure ist schon in §. 49 abgehandelt worden. Dieses Salz kommt in vielen Mineralquellen aufgelöst vor, und entsteht auch, wenn Marmor mit Salz=

säure behandelt wird, wobei die Kohlensäure unter Aufbrausen entweicht, und der Marmor vollständig aufgelöst wird. Kreide und gewöhnlicher Kalkstein lösen sich in Salzsäure nicht vollständig auf, ein Beweis, daß sie nicht vollkommen reine kohlensaure Kalkerde sind.

Schwefelsaure Kalkerde (siehe S. 33) kommt in der Natur, mit Krystallwasser verbunden, als Gyps vor. Bei einer nicht viel über 100° liegenden Temperatur verliert dies Mineral Krystallgestalt und Krystallwasser — gebrannter Gyps —, nimmt letzteres aber beim Uebergießen mit Wasser allmälig wieder auf. Die Masse erscheint dabei zuerst, so lange sie noch ein mechanisches Gemenge des Salzes mit Wasser ist, breiig, erstarrt aber nach und nach, indem wieder eine chemische Verbindung beider entsteht, und nimmt dabei auch wieder größere Festigkeit an, eine Eigenschaft, welche man benutzt, um aus Gyps durch Gießen in Formen allerlei Figuren darzustellen. Auch in manchen Quellen, namentlich in Mineralquellen, findet sich schwefelsaure Kalkerde aufgelöst, und das Wasser solcher Quellen ist ebenfalls zur Speisung von Dampfkesseln unbrauchbar, weil das Salz besonders leicht zur Kesselsteinbildung Veranlassung giebt.

Phosphorsaure Kalkerde kommt gleichfalls im Mineralreiche vor (Apatit, Phosphorit) und ist in großer Menge in den thierischen Knochen vorhanden. Werden Knochen an der Luft einer hohen Temperatur ausgesetzt, so verbrennen deren organische Theile, während eine weiße, erdige Masse zurückbleibt, welche hauptsächlich aus phosphorsaurer und kohlensaurer Kalkerde besteht.

§. 63.

Strontium und Baryum.

Zwei dem Calcium in chemischer Beziehung sehr nahe stehende Metalle sind Strontium und Baryum.

Strontium. Beide kommen, gleich dem Calcium, in der Natur weder metallisch, noch blos in Verbindung mit Sauerstoff als Oxyde vor. Das erstgenannte ist überhaupt nicht sehr häufig und findet sich vorzüglich im Strontianit (kohlensaure Strontianerde), der zuerst in Schottland in der Nähe des Dorfes Strontian gefunden wurde. Daher der Name.

Aus dem Strontianit erhält man durch Glühen die Strontianerde und durch Behandeln mit verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure das salpetersaure Salz, beziehungsweise die Chlorverbindung.

Die schwefelsaure Strontianerde (als Mineral Cölestin) ist in Wasser bei weitem schwieriger löslich als die schwefelsaure Kalkerde.

Das **Baryum** bildet einen Bestandtheil des Schwerspaths (schwefelsaure Baryterde), der bei weitem häufiger als der Strontianit und Cö-

lestin vorkommt, aber in seiner Verbreitung mit der kohlensauren und schwefelsauren Kalkerde nicht verglichen werden kann. Auch kommt kohlensaure Baryterde unter dem Namen Witherit, wiewohl seltener, vor. Wird Schwerspath mit Kohle gemengt und stark erhitzt, so erhält man Schwefelbaryum, welches mit verdünnter Salpetersäure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff eine Lösung liefert, aus welcher man durch Abdampfen salpetersaure Baryterde erhalten kann. Durch Glühen kann man aus letzterer die Salpetersäure entfernen, so daß reine Baryterde zurückbleibt, welche vorzüglich durch ihr hohes specifisches Gewicht ausgezeichnet ist, während von ihr sonst fast alles gilt, was von der Kalkerde erwähnt worden ist. In Wasser löst sie sich jedoch weit leichter als Kalkerde. Ihr specifisches Gewicht ist 4,7, das der Kalkerde 2,3 und das der Strontianerde 3,9. Von dieser Eigenthümlichkeit hat sie auch den Namen Schwererde (βαρύς, schwer).

Chlorbaryum entsteht bei der Einwirkung von verdünnter Salzsäure auf Schwefelbaryum, oder auf kohlensaure Baryterde, welches letztere Salz auch als Niederschlag erhalten wird, wenn man eine Lösung von salpetersaurer Baryterde mit einer solchen von kohlensaurem Natron vermischt. Ueber phosphorsaure Baryterde vergl. S. 32. Von den übrigen Baryterdesalzen ist besonders das schwefelsaure, wegen seiner vollständigen Unlöslichkeit in Wasser und in Säuren (S. 32, 38,) erwähnenswerth.

§. 64.

Magnesium.

Bittersalz. Werden die unter dem Namen der Bitterwasser bekannten Mineralwasser, wie sie z. B. zu Epsom in England, bei Seidlitz und Saidschütz in Böhmen vorkommen, bis zu einem bestimmten Grade abgedampft, so schießt daraus ein prismatischer, fester, bitter salzig schmeckender Körper an (Bittersalz, Epsom-, Seidlitzer, Saidschützer Salz), welcher in Wasser leicht löslich ist. Wenn man eine Auflösung desselben mit einer Auflösung von Chlorbaryum versetzt, so entsteht ein weißer, in Salzsäure unlöslicher Niederschlag, welcher nur schwefelsaure Baryterde sein kann. Es muß hiernach das Bittersalz ein schwefelsaures Salz sein, und da es leicht löslich ist, so könnte man es, nach unseren bisherigen Betrachtungen über schwefelsaure Salze, mit schwefelsaurem Kali oder Natron verwechseln. Dies verhindert jedoch eine andere Thatsache. Während nämlich die kohlensauren Salze von Kali und Natron leicht in Wasser löslich sind, bildet sich beim Vermischen einer kochenden Auflösung des Bittersalzes mit einer solchen von kohlensaurem Natron ein weißer Nieder-

schlag, also ein unlöslicher Körper, der sich gegen Säuren wie ein kohlensaures Salz verhält. Aus der vom Niederschlage getrennten Flüssigkeit kann man schwefelsaures Natron erhalten. Der Niederschlag selbst läßt auch beim Glühen die Kohlensäure entweichen und hinterläßt die neue Basis als eine weiße, erdige Masse. Letztere mußte also im Bittersalz mit Schwefelsäure verbunden gewesen sein.

Kohlensäure + Natron } + = { Kohlensäure + Erde
Schwefelsäure + Erde } + = { Schwefelsäure + Natron.

Bittererde. Die weiße Erde ist in Wasser sehr wenig löslich, weshalb sie auch bei Zusatz von Kalilauge zu Bittersalzlösung als weißes Hydrat niederfällt, welches im Ueberschuß von Kalilösung unlöslich ist. Die Erde reagirt aber in ihrer wässerigen Lösung deutlich alkalisch und hat also alle Eigenschaften einer Basis. Sie ist nicht ätzend und zieht aus der Luft nur sehr langsam Wasser und Kohlensäure an. Sie scheint zuerst im Anfange des vorigen Jahrhunderts in Rom bekannt gewesen zu sein, wo man ihr kohlensaures Salz als Arzneimittel unter dem Namen Magnesia alba*) verkaufte, und sie hat von der Zeit an den Namen Magnesia behalten, wird aber, weil sie die Basis des Bittersalzes ausmacht, auch Bittererde, und, weil sie in dem Mineral Talk vorkommt, auch Talkerde genannt.

Es liegt nahe, nach dem Vorhergehenden zu vermuthen, daß die Bittererde das Oxyd eines eigenthümlichen Metalls, des Magnesiums, sei, denn wiewohl sie mit den Oxyden der drei vorher erwähnten Metalle im Aeußeren manche Aehnlichkeit hat, so erhitzt sie sich doch nicht beim Vermischen mit Wasser, und bildet auch mit Schwefelsäure das oben erwähnte Salz, welches sich mit Leichtigkeit in Wasser auflöst; sie ist also bestimmt von jenen verschieden. Die Bittererde selbst jedoch ist bei weitem schwieriger löslich als Kalkerde, Strontianerde und Baryterde.

Chlormagnesium. Auf folgende Weise gelingt es, das Metall der Bittererde darzustellen. Leitet man trocknes Chlorgas über die Erde, während sie in einem Porcellanrohre bis zum Glühen erhitzt ist, so schmilzt sie, während sich Sauerstoff entwickelt, und erstarrt beim Erkalten zu einer krystallinischen, glänzenden Masse, welche nach ihrer Bildung zu urtheilen, und weil sie mit Schwefelsäure Salzsäure und schwefelsaure Bittererde liefert, wasserfreies Chlormagnesium sein muß.

*) Dieser Name scheint der kohlensauren Bittererde beigelegt worden zu sein, weil sie eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Braunstein (Magn. nigra, §. 13) besitzt, insofern beide in der Glühhitze ein Gas entwickeln.

Magnesiummetall. Wird dieses Chlormagnesium mit Kaliummetall zusammengeschmolzen, und die Masse nachher mit Wasser behandelt, so löst sich Chlorkalium auf, während das Magnesium in Gestalt kleiner weißer Metallkügelchen zurückbleibt. Dieses Metall oxydirt sich in Luft und Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht. Erst wenn es an der Luft erhitzt wird, verbrennt es unter sehr lebhafter Lichtentwickelung zu Bittererde. In Wasser oxydirt es sich reichlich unter Wasserstoffentwickelung erst dann, wenn eine Säure hinzukommt, die sich mit der gebildeten Bittererde vereinigen kann; in sehr geringer Menge oxydirt es sich auch in kochendem Wasser.

Von den wichtigsten Salzen des Magnesiums, Chlormagnesium, welches auch in Mineralquellen vorkommt, schwefelsaurer Bittererde, bekannt durch ihre purgirenden Eigenschaften, und kohlensaurer Bittererde, ist schon die Rede gewesen; wir wollen hier nur noch anführen, daß phosphorsaure Bittererde häufig in den Pflanzen, z. B. in den Samen der Gräser, sowie auch, neben kohlensaurer Bittererde und Kalkerdesalzen (S. 95), in den Knochen der Thiere und kieselsaure Bittererde bisweilen im Mineralreiche, z. B. als Meerschaum und Serpentin vorkommt.

§. 65.

Lanthanium und Didymium.

Diese beiden dem Magnesium nahe stehenden Metalle kommen als Oxyde in Verbindung mit Kieselerde sehr sparsam vor, hauptsächlich im Cerit, neben Cerium (s. u.). Ersteres hat seinen Namen von λανθάνειν, verborgen bleiben, weil den Chemikern, obwohl sie Cerite vielfach analysirt hatten, lange Zeit deren Gehalt an diesem Metalle verborgen geblieben war, letzteres von δίδυμοι, Zwillinge, weil die beiden Metalle Lanthan und Didym fast stets zusammen vorkommen.

Metalle der eigentlichen Erden.

§. 66.

Aluminium.

Im Handel kommt unter dem Namen Alaun (lateinisch Alumen) ein fester, weißer, krystallisirter, in Wasser leicht löslicher Körper vor. In geringer Menge findet derselbe sich auch in der Natur, hauptsächlich jedoch wird er auf eine später genauer zu erwähnende Art fabrikmäßig erzeugt. Wird eine Auflösung desselben mit einer Chlorbaryumlösung versetzt, so wird an ihrer Unlöslichkeit in Säuren erkennbare schwefelsaure Barylerde

gefällt, woraus hervorgeht, daß der Alaun ein schwefelsaures Salz ist. Es ist aber leicht, sich davon zu überzeugen, daß derselbe eine andere Basis enthält als die bisher abgehandelten, in Wasser leicht löslichen schwefelsauren Salze (von Kali, Natron und Bittererde). Denn, wenn man seine Auflösung mit Kalilauge versetzt, aber nicht in solcher Menge, daß die Flüssigkeit alkalische Reaction annimmt, so bildet sich ein weißer Niederschlag, während schwefelsaures Kali in Lösung bleibt. Jener Niederschlag muß also die neue Basis, oder deren Hydrat, und seiner Unlöslichkeit wegen von Kali und Natron verschieden sein. Fügt man zu der Alaunlösung eine größere Menge Kalilauge, so löst sich darin der zuerst entstehende Niederschlag leicht wieder auf, ein Beweis, daß die in Rede stehende Basis auch nicht Bittererde ist.

Thonerde. Von der Flüssigkeit isolirt und getrocknet stellt der Niederschlag eine weiße, feste Masse dar, welche beim Glühen Wasser verliert. Sowohl der frisch gefällte Körper, als auch der geglühte, lösen sich, der letztere zwar sehr schwierig, in Säuren auf und bilden damit Salze. Der geglühte Körper ist also in der That eine Basis, und der frisch gefällte sein Hydrat. Im trocknen Zustande hat er einige Aehnlichkeit mit den vorher abgehandelten Erden, er erhitzt sich aber beim Begießen mit Wasser nicht und unterscheidet sich außerdem noch dadurch von jenen, daß er in Wasser vollständig unlöslich ist. In sehr hoher Temperatur läßt er sich schmelzen und zeigt sich dann nach dem Erstarren so hart, daß er Glas zu ritzen vermag. Man kann den in Rede stehenden Körper auch aus Thon auf folgende Weise gewinnen. Ein reiner, guter Thon, Porcellanthon oder Pfeifenerde, wird mit Schwefelsäurehydrat längere Zeit digerirt. Dabei löst sich ein Theil auf, ein anderer Theil, den man bei näherer Untersuchung als Kieselsäure erkennt, bleibt ungelöst. Wird die Flüssigkeit verdünnt und, wie oben vorgeschrieben, mit Kalilauge vermischt, so fällt ein weißer Körper nieder, der alle Eigenschaften der erwähnten Erde hat. Ihres Vorkommens wegen nennt man die Erde A l a u n- oder T h o n e r d e.

Thon ist dem Obigen zufolge kieselsaure Thonerde.

Die eigenthümlichen Eigenschaften der Thonerde lassen in ihr ein besonderes Metall erwarten, und es läßt sich dasselbe auf ähnliche Weise darstellen wie das Magnesium.

Chloraluminium. Wird nämlich Thonerde, mit Kohlenpulver innig gemengt, in einem Porcellanrohre, welches zum größten Theile in einem Ofen liegt, stark geglüht, während trocknes Chlorgas darüber streicht, so entwickelt sich aus dem Rohre, neben etwa überschüssigem Chlor, Kohlen-

oxydgas, welches seinen Sauerstoff nur von der Thonerde erhalten haben kann. In dem kälteren, aus dem Ofen hervorragenden Theile des Rohres setzt sich dabei eine gelbliche, feste, krystallinische Masse ab, welche sich leicht in Wasser auflöst. Aus der Lösung fällt Kalilauge, wenn sie nicht im Ueberschuß zugesetzt wird, Thonerdehydrat, während in der Flüssigkeit Chlorkalium aufgelöst bleibt. Jene Masse muß also die Chlorverbindung des in Rede stehenden Metalls sein.

Aluminiummetall. Wird diese Chlorverbindung mit Kalium oder Natrium in einem fest bedeckten Porcellantiegel stark erhitzt, so erhält man eine schwarzgraue, zusammengeschmolzene Masse. Wenn man den Tiegel nach dem Erkalten in eine große Menge Wasser wirft, so wird Chlorkalium, beziehungsweise Chlornatrium, aus der Masse aufgelöst, und es bleibt ein graues, mattes Pulver ungelöst, welches beim Reiben in einem Achatmörser Metallglanz annimmt. Dieses Pulver ist das Metall, man nennt es Aluminium. In dem pulverförmigen Zustande, in welchem es nach dem eben beschriebenen Verfahren erhalten wird, bleibt es in der Luft, wie im Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, an der Luft stark erhitzt verbrennt es jedoch mit lebhaftem Glühen zu Thonerde. Wird es mit einem Gemenge von Chloraluminium und Chlornatrium, welche sich zu einem leicht schmelzbaren Doppelsalz vereinigen, bedeckt und erhitzt, so schmilzt es, ohne daß die Luft hinzutreten kann, zu ziemlich weißen, etwas in's Bläuliche spielenden compacten Massen zusammen. In dieser Form besitzt das Aluminium lebhaften Glanz, ist sehr geschmeidig, so zähe, daß es zu feinem Draht ausgezogen werden kann, und nach dem Hämmern fast so hart wie Eisen. Dabei oxydirt es sich in der Luft, selbst in der Glühhitze, so gut wie nicht und zeigt auch sonst noch bemerkenswerthe Abweichungen von dem pulverförmigen Aluminium. Letzteres oxydirt sich nämlich leicht in Wasser bei Gegenwart von Säuren unter Wasserstoffentwickelung, bei 100° selbst in reinem Wasser, wenn auch sehr langsam; das compacte Aluminium dagegen bleibt in reinem Wasser in jeder Temperatur, im Wasserdampf selbst in der Glühhitze, unverändert. Verdünnte und concentrirte Salpetersäure wirken darauf weder in der Kälte noch in der Wärme ein, Salzsäure dagegen, concentrirte wie verdünnte, desgleichen verdünnte Schwefelsäure lösen es schon in der Kälte unter Wasserstoffentwickelung, Schwefelsäurehydrat jedoch nur in der Wärme unter Entwickelung von schwefliger Säure.

Diese Eigenschaften des Aluminiums, in Verbindung mit seinem verhältnißmäßig niedrigen specifischen Gewicht (2,6) lassen es zu vielfältiger Verwendung besonders geeignet erscheinen. Bis jetzt wird es freilich fast

nur zu feinen physikalischen und mathematischen Instrumenten (Wagen, Sextanten &c.), zu Schmucksachen, Statuetten und dergl. verarbeitet, weil es seit dem Jahre 1854, in welchem es zuerst (in Frankreich) in größeren Mengen dargestellt ward, noch nicht gelungen ist, eine andere Darstellungsmethode als die oben geschilderte (unter Anwendung von Natrium) aufzufinden und diese sehr bedeutenden Kostenaufwand verursacht. Seine Verwendung zu Schmucksachen scheint auch nicht sehr in Aufnahme kommen zu wollen, wohl deshalb nicht, weil sein Aeußeres doch nicht so gefällig erscheint wie das des Silbers.

Nach dem, was zu Anfang des Paragraphen über die Einwirkung einer Lösung von Kali auf eine solche von Alaun gesagt wurde, sollte man schließen, daß letzterer schwefelsaure Thonerde sei. Daß dem aber nicht so ist, davon überzeugt man sich, wenn man Thonerdehydrat in verdünnter Schwefelsäure auflöst und die Flüssigkeit bis zur Syrupsconsistenz eindampft. Es krystallisirt alsdann die schwefelsaure Thonerde nur schwierig und in dünnen, biegsamen Blättchen, während der Alaun leicht in großen octaedrischen Krystallen zu erhalten ist. Diese beiden Thatsachen lassen sich nur dann miteinander vereinbaren, wenn der Alaun einen Theil des bei seiner Zersetzung mit Kali in Lösung gehenden schwefelsauren Kalis schon fertig gebildet enthält, wenn er ein Doppelsalz von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali ist. Und in der That ist dem so, denn wenn man die beiden zuletzt genannten einfachen Salze in einem passenden Verhältniß zusammen in Wasser auflöst und die Lösung zum Krystallisationspunkt eindampft, so krystallisirt beim Erkalten Alaun daraus aus. Wird die Flüssigkeit, welche über den Krystallen steht, weiter eingedampft, so erhält man noch eine Portion derselben Krystalle, und so kann man zuletzt die ganze aufgelöste Masse bis auf einen geringen Verlust als Alaun wieder erhalten.

Es ist schon oben davon die Rede gewesen, daß der Thon kieselsaure Thonerde sei. Dieses Salz kommt überhaupt als ein Bestandtheil sehr vieler Mineralien vor. So ist z. B. der Feldspath ein Doppelsalz von kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Kali.

Thonwaaren. Der Thon ist für eine größere Anzahl von Gewerben ein besonders wichtiger Körper, weil er, mit wenig Wasser angemacht, einen sehr bildsamen Teig bildet und sich daher zu den mannigfaltigsten Gegenständen verarbeiten läßt, denen durch Einwirkung starker Hitze Beständigkeit der Form und ein gewisser Grad von Festigkeit gegeben werden kann. Da er aber in Ofenfeuern unschmelzbar ist, so werden die so angefertigten Gegen-

stände porös (Zellen für galvanische Batterien, Tabakspfeifen, Drainröhren, Blumentöpfe, Backsteine, Dachziegel rc. Terra cotta).

Handelt es sich nun um Darstellung von Gefäßen, die zur Aufnahme von Flüssigkeiten bestimmt sind, so ist die Porosität ein Mangel. Man beseitigt dieselbe alsdann entweder dadurch, daß man dem Thon von dem (schwer) schmelzbaren Feldspath beimengt, in Folge dessen die Masse beim Brennen im Inneren zusammensintert und dicht wird (Porcellan, feines Steinzeug), oder dadurch, daß man die poröse Masse äußerlich mit einem schmelzbaren Glasfluß (Glasur) überzieht, der beim Brennen wenigstens ihrer Oberfläche vollkommene Dichtheit ertheilt (Fayence, ordinäres Töpfergeschirr). Ein Gehalt von Eisenoxyd oder von kohlensaurer Kalkerde im Thon bewirkt, daß die daraus gefertigten Waaren beim Brennen roth, beziehungsweise gelb werden und daß in sehr starker Hitze kieselsaures Eisenoxyd und kieselsaure Kalkerde entstehen, welche schmelzbar sind und ein Zusammenschmelzen der Masse bewirken können. Uebersteigt der Gehalt an diesen oder ähnlich wirkenden Substanzen (kieselsauren Alkalien) eine gewisse Grenze nicht, so äußern sie denselben Einfluß wie der Feldspath, und man kann dann aus solchem Thon ohne weiteren Zusatz Gegenstände erzeugen, die beim Brennen im Inneren dicht werden (ordinäres Steinzeug).

Die verschiedenen Thonarten sind in sehr verschiedenem Grade bildsam (fette und magere Thonarten), und diejenigen, welche diese Eigenschaft in sehr hohem Grade besitzen, verändern beim Brennen, weil sie ungleichmäßig schwinden, leicht ihre Gestalt, weshalb man denselben vor dem Formen meist nichtplastische Körper, z. B. Quarzsand, Feuersteinpulver rc. beimengt. — Lehm ist ein solches natürliches Gemenge von Thon mit Quarzsand.

Andere hierhergehörige Fossilien finden in den Gewerben zu mancherlei anderen Zwecken vielfache Verwendung, so die Walkerde, Bolus (gewisse Thonarten), der Röthel (Thon mit Eisenoxyd), Ocker (Thon mit Eisenoxydhydrat), Mergel (Thon mit viel kohlensaurer Kalkerde) rc. rc.

§. 67.

An das Aluminium schließen sich Beryllium, ein Bestandtheil des Edelsteins Beryll (Smaragd), Yttrium, Erbium, Terbium*) und

*) Diese drei Namen sind von Ytterby in Schweden, dem Fundort der Mineralien, in welchen die betreffenden Erden vorkommen, gebildet.

Thorium*) an, Metalle, welche sämmtlich in sehr geringer Menge auf der Erde vorkommen.

Die bisher abgehandelten Metalle weichen in vielen ihrer Eigenschaften von denen, die im Folgenden Gegenstand unserer Betrachtung sein werden, ab. Zur Erleichterung der Uebersicht wollen wir die wichtigsten dieser abweichenden Eigenschaften für die häufiger vorkommenden der erwähnten Metalle hier noch einmal wiederholend zusammenstellen.

Die Metalle selbst haben alle ein sehr niedriges specifisches Gewicht. Einige derselben sind leichter als Wasser (Lithium sp. G. = 0,589, Kalium sp. G. = 0,865, Natrium sp. G. = 0,972). Die übrigen sinken in Wasser unter, das schwerste ist das Baryum (spec. Gew. = 4).

Sie haben ein sehr großes Vereinigungsstreben zum Sauerstoff. Kalium, Natrium, Baryum, Strontium und Calcium oxydiren sich nicht allein bei gewöhnlicher Temperatur in der Luft, sondern sie vermögen den Sauerstoff sogar aus seiner Verbindung mit Wasserstoff fortzunehmen. Magnesium und pulverförmiges Aluminium bleiben in Wasser unverändert, aber eine höhere Temperatur und die Gegenwart einer Säure im Wasser weckt auch in ihnen das Vermögen, den Sauerstoff sich daraus anzueignen. Diese leichte Oxydirbarkeit der Metalle macht es unmöglich, daß sie in der Natur frei vorkommen können. Sind sie einmal mit Sauerstoff verbunden, so halten sie denselben so fest, daß durch Glühen in Wasserstoff keins, durch Glühen mit Kohle nur einige unter ganz besondern, später zu erörternden Umständen reducirt werden können.

Die Oxyde haben sämmtlich, außer der Bittererde und der Thonerde, ätzende Wirkungen; ihr Streben, sich mit Wasser zu vereinigen, ist so groß, daß sie es aus feuchter Luft anziehen. Kali und Natron sind in Wasser leicht, Baryt-, Strontian-, Kalk- und Bittererde, namentlich die beiden letzteren schwieriger löslich, nur Thonerde ist ganz unlöslich. — Auch zur Kohlensäure haben die Oxyde, mit Ausnahme der Thonerde, so große Verwandtschaft, daß sie dieselbe aus der Luft aufnehmen, daher sie auch niemals als reine Oxyde in der von Kohlensäure durchdrungenen Erdrinde existiren können.

Die leichten Metalle zerfallen in drei Abtheilungen.

1) Metalle der Alkalien, deren Oxydhydrate und kohlensaure Salze in Wasser meist sehr leicht löslich sind und in stärkster Glühhitze das Wasser, beziehungsweise die Kohlensäure nicht verlieren. Kalium, Natrium.

*) Thorium ist zuerst in norwegischen Mineralien aufgefunden worden. Thor ist eine Gottheit aus der scandinavischen Mythologie.

2) Metalle der **alkalischen Erden**, deren Oxydhydrate (oder Oxyde) in Wasser schwieriger löslich sind und in der Glühhitze das Wasser meistens abgeben, und deren kohlensaure Salze unlöslich sind, die Kohlensäure aber ebenfalls in der Glühhitze verlieren. Calcium, Strontium, Baryum, Magnesium.

3) Metalle der **eigentlichen Erden**, deren Oxydhydrate und kohlensaure Salze in Wasser unlöslich sind und in der Glühhitze zersetzt werden. Aluminium ꝛc.

Die Metalle der genannten Alkalien und alkalischen Erden (mit Ausnahme des Magnesiums) bilden mit Sauerstoff auch Superoxyde. Dieselben sind feste weiße oder gelbliche Körper und entstehen meistens, wenn man die Metalle oder die Oxyde in Luft oder Sauerstoff glüht; sie enthalten einen Theil des Sauerstoffs mit schwächerer Verwandtschaft gebunden als den anderen. Baryumsuperoxyd wird in stärkerer Glühhitze wieder in Sauerstoff und Baryterde zersetzt.

Schwere Metalle.

§. 68.

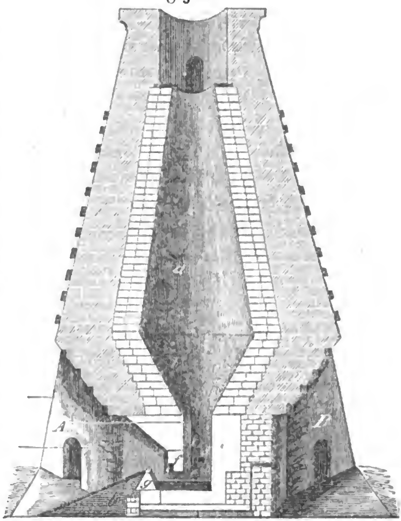
Eisen.

In der Natur kommt hin und wieder ein fester, krystallisirter, eisenschwarzer oder stahlgrauer, stark metallisch glänzender Körper, bisweilen in größeren Krystallen vor, der unter dem Namen Eisenglanz bekannt ist. Wird dieser fein gepulvert und alsdann in einem Wasserstoffstrome erhitzt, so bildet sich Wasser und es bleibt ein dunkel grauschwarzes Pulver zurück. Letzteres schmilzt, mit einem Flußmittel, z. B. Glas, einer sehr starken Hitze bei Abschluß der Luft ausgesetzt, zu einer Masse zusammen, welche ein metallisches Aeußere hat und die man daran, daß sie vom Magneten angezogen wird, leicht als Eisen erkennt. Der Sauerstoff, welcher sich bei diesem Versuche mit dem Wasserstoff verbindet, muß vorher mit dem Eisen im Eisenglanze verbunden gewesen sein, d. h. der Eisenglanz muß Eisenoxyd sein. Ebenso wie der Eisenglanz verhält sich auch der Rotheisenstein, welcher als Mineral sehr häufig vorkommt und in gewissen Varietäten, Glaskopf, Blutstein genannt, von den Gold- und Silberschmieden zum Poliren ihrer Fabrikate benutzt wird. Er ist auch Eisenoxyd.

Auch Kohle vermag in starker Hitze das Eisenoxyd zu reduciren (§. 41), und dieser Umstand wird häufig benutzt, um das Eisen in größerer Menge zu technischer Verwendung zu gewinnen. Die erwähnten oder andere, Eisenoxyd enthaltende, Erze werden, wie sie aus der Grube kom-

men, in kleinere Stücke zerschlagen, und mittels Kohle (Koaks oder Holzkohle) und eines Flußmittels (S. 62) im Hohofen verschmolzen. Als Flußmittel benutzt man ein Doppelsalz von kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Thonerde (Schlacke), welches im Hohofen selbst aus dem den Eisenstein begleitenden Gestein und einem „Zuschlag“ erzeugt wird. Ist das begleitende Gestein Quarz oder ein kieselsäurereiches Mineral, so wählt man (thonhaltigen) Kalkstein, ist es Kalkspath, so nimmt man Quarz als, Zuschlag. An dem, gewöhnlich 40 bis 60 Fuß hohen Hohofen, Fig. 20, unterscheidet man die aus Bruchsteinen aufgeführte Rauhmauer (in der Figur schraffirt), und den aus feuerfesten Materialien erbauten Kernschacht (in der Figur nicht schraffirt). Der innere Raum des letzteren umfaßt drei verschiedene Theile, zwei von der Form eines Kegelstumpfes, von denen der längere a der Schacht und der kürzere b die Rast heißt, und einen dritten, c, prismatischen oder cylindrischen, das Gestell, welches unten, im Herde, nach vorn verlängert ist und dort, zwischen f und g, eine Oeffnung hat. Bei d mündet in das Gestell die Düse eines neben dem Ofen aufgestellten Gebläses.

Fig. 20.



Ist in einem Hohofen ein neuer Kernschacht eingebaut, so entzündet man im Gestell ein Feuer, füllt Kohlen darauf bis zur Gicht (d. i. die obere Oeffnung) und unterhält deren Verbrennung durch die bei d eingeblasene Luft. Hierauf bringt man, in dem Maße, wie durch die Verbrennung der Kohlen im Gestell die ganze Säule sich verkürzt, in die Gicht abwechselnd Lagen von Eisenstein mit Zuschlag und von Kohlen, so daß der Ofen stets und ohne alle Unterbrechung bis zum höchsten Punkte angefüllt ist. In den höheren Theilen des Schachtes a wird die Feuchtigkeit der stetig niedersinkenden Beschickung und die Kohlensäure aus dem Kalk-

stein durch die Hitze ausgetrieben (Röstung); in dem unteren Theile desselben findet die Reduction statt, wobei Kohlenoxydgas gebildet wird, welches aus der Gicht zu entweichen strebt, dort aber, so wie es an die Luft tritt, zu Kohlensäure verbrennt. Gelangt nun das Gemenge von reducirtem Eisen, ätzendem Kalk und Kieselsäure in das Gestell c, so verbindet sich die Kieselsäure mit der Kalkerde und der Thonerde zu der Schlacke, welche schmilzt und das fast gleichzeitig schmelzende Eisen umhüllt, so daß es bei seinem Niedersinken vor der Düse des Gebläses nicht von dem Luftstrom getroffen werden kann. In dem Herde angelangt bildet die Schlacke eine Flüssigkeit, in welcher das geschmolzene, schwerere Eisen am Boden zu einer einzigen Masse zusammenfließen kann. Schließlich dringt sie zwischen f und g heraus und wird über die vor g befindliche geneigte Ebene herabgezogen. Das Eisen läßt man sich in größerer Menge ansammeln, und von Zeit zu Zeit aus einer in der Nähe des Bodens befindlichen, bis dahin verstopften, Oeffnung abfließen, oder man schöpft es mit Kellen aus, um durch Gießen in Formen allerlei Gegenstände herzustellen.

Der Hohofenproceß wird in der geschilderten Weise so lange ununterbrochen fortgesetzt, bis die Wände des Kernschachtes, namentlich des Gestells, die unter der hohen Temperatur doch stets mehr oder weniger leiden, einer Reparatur bedürftig sind, was in der Regel erst nach 1 bis 2, mitunter erst nach noch mehr Jahren der Fall ist (Schmelzcampagne). Man hört dann mit Aufgeben von Eisenstein Zuschlag und Kohle an der Gicht auf, läßt die Schmelzsäule allmälig niedersinken, läßt den Ofen erkalten und baut einen neuen Kernschacht ein.

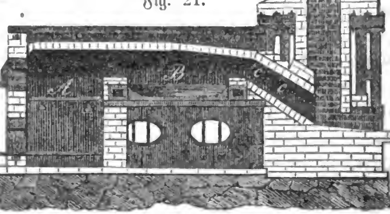
Das in Hohöfen producirte Eisen, **Roheisen**, hat eine graue oder grauschwarze Farbe, ist sehr hart, in der Kälte wie in der Glühhitze so spröde, daß es beim Hämmern zerspringt, und wird, weil es ziemlich leicht schmelzbar ist, vielfach zur Fabrikation von Gußwaaren benutzt, Gußeisen. Sein Uebergang in den flüssigen Zustand tritt in der Hitze plötzlich ein, ohne daß es vorher einen teigigen Zustand annimmt, weshalb es sich nicht schmieden oder schweißen läßt.

Wird es mit verdünnter Schwefelsäure übergossen, so löst es sich (§. 18) unter Wasserstoffentwickelung auf, indem es sich auf Kosten des Wassers oxydirt. Außer Wasserstoff entwickelt sich dabei aber immer noch Kohlenwasserstoffgas, und manche Eisensorten hinterlassen auch noch etwas Kohle als Rückstand; das Eisen nimmt also bei der Reduction im Hohofen stets ziemlich viel Kohle (2 bis 5 pCt.) auf, und diese ist Ursache der erwähnten specifischen Eigenschaften des Roheisens.

Schmiedeeisen. Wird Gußeisen umgeschmolzen und im flüssigen Zustande längere Zeit dem Einfluß der Luft ausgesetzt, so nimmt es ganz andere Eigenschaften an; es wird so schwer schmelzbar, daß man es nicht mehr durch Gießen formen kann, es verliert alle Sprödigkeit, wird viel weicher als Roheisen (*weiches Eisen*), gewinnt bedeutend an Festigkeit und Zähigkeit und erhält die Eigenthümlichkeit, in starker Hitze vor dem Schmelzen in einen teigartigen Zustand überzugehen. Vermöge dieser Eigenschaften kann man es hämmern, schweißen, schmieden, — *Schmiedeeisen* —, zu Blech auswalzen und zu Draht ausziehen. Da solches Eisen gewöhnlich zu Stäben ausgeschmiedet im Handel vorkommt, so nennt man es auch *Stabeisen**). Beim Auflösen in verdünnter Schwefelsäure entwickelt es kein oder nur höchst wenig Kohlenwasserstoffgas, auch läßt es dabei einen weit geringeren Kohlerückstand als Roheisen. Fast alle mit dem Roheisen verbunden gewesene Kohle (bis auf etwa 0,5 pCt.) ist während des Frischens durch den Sauerstoff der Luft oxydirt worden und gerade hierdurch hat das Schmiedeeisen seine charakteristischen Eigenschaften bekommen, welche in der That mit denen des reinen, durch Reduction des Eisenglanzes im Wasserstoffstrom dargestellten Eisens nahe übereinstimmen. — Das meiste von den Schlossern und Schmieden verarbeitete Eisen ist weiches Eisen.

*) Die Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen geschieht entweder in Frischherden oder in Flammöfen (Puddelöfen). Erstere sind in einem gemauerten Herd angebrachte, mit eisernen Platten ausgelegte, prismatische Vertiefungen, in welche durch ein Gebläse Luft eingeblasen werden kann. Letztere sind Schmelzöfen, in denen der Raum für das Brennmaterial von dem für den zu erhitzenden Gegenstand getrennt ist. Fig. 21. Auf dem Rost A wird mit Holz, Steinkohlen, Braunkohlen oder Torf gefeuert; der Zug wird durch den in der Regel sehr hohen (50 bis 60 F. hohen, in der Zeichnung nur in seinem untersten Theile angegebenen) Schornstein und den Fuchs c vermittelt und kann so stark gemacht werden, daß außer den Flammen noch Luft zu dem in B befindlichen Gußeisen herantritt. In neuerer Zeit werden zum Umwandeln des Gußeisens in Schmiedeeisen (*Frischen*) fast nur Flammöfen angewandt.

Fig. 21.



Eine dritte Eisensorte ist der **Stahl.** Dieser Stahl wird entweder aus dem Roheisen dargestellt, indem man es im geschmolzenen Zustande nicht so lange der Einwirkung der Luft aussetzt, als nöthig ist, um daraus Schmiedeeisen zu erhalten, — Rohstahl, — oder aus Schmiedeeisen, indem man es in einer Umgebung von Kohle glüht — Cämentstahl. Der Stahl hinterläßt beim Auflösen in Säuren einen geringeren Kohlerückstand als das Gußeisen, und einen größeren als das Schmiedeeisen; er enthält zwischen 0,5 und 2 pCt. Kohle. Gußeisen also wird zu Stahl, wenn es nur einen bestimmten Theil seines Kohlenstoffs verliert, Stabeisen, wenn es wiederum Kohle aufnimmt. Einige der wichtigsten Eigenschaften des Stahls sind von der Art und Weise seiner Verarbeitung sehr abhängig. Wird er im glühenden Zustande durch kaltes Wasser rasch abgekühlt, so bekommt er eine bedeutende Härte (größer als manches Roheisen) und Sprödigkeit (feine Messer rc.), läßt man ihn aber langsam abkühlen, so wird er zähe, also hämmerbar, weniger hart und sehr elastisch (Uhrfedern rc.). Er ist ziemlich leicht schmelzbar — Gußstahl — und wird vor dem Schmelzen teigig, so daß er geschmiedet und geschweißt werden kann.

Oxydationsstufen des Eisens. Compactes Eisen bleibt in völlig trockener, von Kohlensäure freier Luft bei gewöhnlicher Temperatur, so wie in Wasser, welches weder Luft noch Kohlensäure enthält, durchaus unverändert. Wird Eisen in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, so oxydirt es sich, da Wasserstoff entwickelt wird, natürlich auf Kosten des Wassers, und die entstandene Sauerstoffverbindung tritt an die Schwefelsäure, um damit ein Salz zu bilden, welches sich auflöst und durch Verdunsten in grünen Krystallen (Eisenvitriol) erhalten werden kann. Versetzt man die Lösung mit Aetzkalilauge im Ueberschuß, so scheidet sich ein weißer, fester Körper aus, während in der Flüssigkeit schwefelsaures Kali entsteht. Dieser weiße Körper muß also das Hydrat der in Rede stehenden Oxydationsstufe des Eisens sein. Er wird an der Luft sofort grün und später rothbraun. In letzterer Gestalt giebt er beim Glühen Wasser aus, ohne seine Farbe wesentlich zu ändern. In keinem dieser Zustände ist der Körper in Wasser löslich, während er dagegen in allen, wenn auch im geglühten schwierig, von Säuren aufgenommen wird. Der geglühte rothbraune Körper liefert beim Erhitzen im Wasserstoffstrome Wasser und Eisen; er ist also auch eine Oxydationsstufe des Eisens und, wie man in Folge seiner Bildung schließen muß, eine höhere als diejenige, welche im Hydratzustande den weißen Körper bildet. Er hat ganz die Zusammensetzung des Eisenglanzes und ist die höchste basische Oxydationsstufe des Eisens, weshalb

man ihn Eisenoxyd nennt (§. 12). Der wasserhaltige rothbraune Körper ist daher Eisenoxydhydrat und der erwähnte weiße Eisenoxydulhydrat. — Eisenoxydhydrat bildet sich auch, wenn das Eisen, mit wenig Wasser benetzt, der Luft ausgesetzt wird. (Das Eisen rostet.) Das Eisen nimmt hierbei den vom Wasser absorbirten Sauerstoff der Luft auf.

Beide Oxyde des Eisens bilden mit den verschiedenen Säuren Salze, welche man, wenn sie löslich sind, durch Auflösen der Oxyde in den betreffenden Säuren erhalten kann. Mit Salzsäure erhält man Eisenchlorür und Eisenchlorid.

Schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) entsteht auch, wie wir oben gesehen haben, wenn Eisen in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst wird.

Beim Glühen an der Luft bedeckt sich das Eisen mit einer matten, schwarzgrauen, leicht abspringenden Haut (Hammerschlag), welche, in Wasserstoffgas erhitzt, Eisen und Wasser bildet, also ebenfalls ein Oxyd des Eisens ist. Der Körper löst sich in Salzsäure vollständig auf. Wird er aber mit weniger verdünnter Salzsäure behandelt, als zu seiner Auflösung nöthig ist, so bleibt rothes Eisenoxyd, und die erhaltene Flüssigkeit wird durch Kalilauge weiß oder grün gefällt; — es ist also Eisenchlorür aufgelöst worden. Der Hammerschlag ist demnach eine chemische Verbindung von Eisenoxyd mit Eisenoxydul — Eisenoxydoxydul. Dieser Körper wird vom Magneten angezogen, er kommt im Mineralreiche unter dem Namen Magneteisenstein oder natürlicher Magnet vor. Der oben erwähnte grüne Körper, in welchen das Oxydulhydrat an der Luft übergeht, ehe es zu Oxydhydrat wird, ist Oxydoxydulhydrat.

Glüht man Eisen, während Wasserdampf darüber strömt, (§. 18), so wird es unter Wasserstoffgasentwickelung in Eisenoxydoxydul verwandelt.

Vermischt man eine Auflösung von Eisenvitriol mit kohlensaurem Natron, so entsteht ein weißer Niederschlag, der sich mit Schwefelsäure unter Entweichung von Kohlensäure wieder in schwefelsaures Eisenoxydul verwandelt, also kohlensaures Eisenoxydul ist. Im feuchten Zustande verliert er an der Luft die Kohlensäure und wird zu Eisenoxydhydrat höher oxydirt. Leitet man durch Wasser, in welchem sich Eisendrehspähne befinden, Kohlensäure und kocht man die klar abgegossene Flüssigkeit, so entweicht Kohlensäure, und es scheidet sich (durch Wasserzersetzung gebildetes) kohlensaures Eisenoxydul ab. Das Salz ist also wie die kohlensaure Kalkerde (§. 62) in kohlensäurehaltigem Wasser löslich. Bei weiterem Kochen an der Luft geht das niedergefallene kohlensaure Eisenoxydul unter Ab-

scheidung seiner Kohlensäure in Oxydhydrat über. Dieselbe Zersetzung erleidet das Salz, wenn seine Lösung in Kohlensäure enthaltendem Wasser längere Zeit an der Luft steht. Das Wasser mancher Mineralquellen läßt, wenn es auch klar geschöpft worden ist, allmälig ebenfalls Eisenoxydhydrat niederfallen. Das Eisen ist in diesen Quellen also als kohlensaures Oxydul aufgelöst — Stahlwasser. — Im Mineralreiche kommt das kohlensaure Eisenoxydul als Spatheisenstein vor.

Mit Schwefel verbindet sich Eisen in mehreren Verhältnissen. Eine dieser Schweflungsstufen, ein fester, schwarzer, matter Körper, entsteht, wenn Eisen und Schwefel zusammen erhitzt werden. Dieses Schwefeleisen ist ziemlich leicht schmelzbar, ein Umstand, der die auf den ersten Blick sehr auffallende Erscheinung leicht erklärt, daß man mit einer Schwefelstange in ein glühendes Eisenblech ein Loch zu stoßen vermag.

Schwefelkies und Magnetkies sind natürlich vorkommendes Schwefeleisen.

§. 69.
Kobalt.

Die Mineralien Speiskobalt, Glanzkobalt, Kobaltschwärze, Kobaltblüthe*) enthalten in größter Menge ein eigenthümliches, graues, schwach glänzendes Metall, Kobalt, auf dessen Abscheidung wir später ausführlicher zurückkommen werden.

Es oxydirt sich in der Luft und im Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht; beim Glühen an der Luft erzeugt es zuerst grüngraues Kobaltoxydul, später schwarzes Oxydoxydul. Im Glühen zersetzt es die Wasserdämpfe und bei Gegenwart von Säuren auch flüssiges Wasser, wobei es sich zu Kobaltoxydulsalz auflöst. Letzteres bildet mit Aetzkali einen blauen Niederschlag, welcher zuerst noch von der Säure des Salzes enthält, allmälig aber in rothes Kobaltoxydulhydrat übergeht.

Schmilzt man Kobaltoxydul mit Kieselerde und kohlensaurem Kali zusammen, so bildet sich unter Entweichung von Kohlensäure ein Doppelsalz von kieselsaurem Kobaltoxydul und kieselsaurem Kali. Dasselbe stellt ein schön blaues Glas vor, Smalte, wird fabrikmäßig dargestellt, und als Farbe benutzt. Bei der Fabrikation erhitzt man Speiskobalt oder Glanzkobalt an der Luft, — man röstet sie; es entwickeln sich dabei schweflige Säure und arsenige Säure, und die Metalle des Erzes oxy-

*) Diese Namen, sowie Kupfernickel (s. §. 70), stammen von den deutschen Bergleuten des Mittelalters her und sind wahrscheinlich verächtliche Bezeichnungen für Werke eines neckenden Berggeistes (Kobolds), welche nur den äußeren Schein haben, als schlössen sie werthvolle Metalle ein.

diren sich. Das geröstete Erz wird in großen Tiegeln mit Quarzpulver und Potasche zusammengeschmolzen, und die Schmelze noch flüssig ausgeschöpft und in Wasser gegossen, worin die Masse beim Erstarren in kleine, spröde, leicht zu pulverisirende, schön blaue Stücke zerspringt. War das angewandte Erz nicht vollständig geröstet, so findet sich am Grunde des Tiegels eine Masse, sogenannte Kobaltspeise, welche aus Arsenik, Schwefel und mehreren Metallen besteht, welche als Gemengtheile im Kobalterz vorhanden waren.

§. 70.

Nickel.

Durch einen sehr complicirten Trennungsproceß läßt sich aus der Kobaltspeise ein eigenthümliches, dem Kobalt in seinem Verhalten sehr ähnliches Metall, das **Nickel**, abscheiden. Dasselbe löst sich langsam in verdünnter Säure unter Wasserzersetzung ebenfalls auf, aber die Lösung ist grün, und Alkalilösung fällt daraus grünes **Nickeloxydulhydrat**.

Das Nickel hat seinen Namen von dem Kupfernickel, in welchem es in großer Menge enthalten ist; es wird zur Erzeugung des Neusilbers benutzt (§. 90).

§. 71.

Cerium und Uran.

Den vorhergehenden Metallen nahe stehend sind **Cerium** und **Uran***), zwei bis jetzt nur sehr sparsam auf der Erde gefundene Metalle. Ersteres kommt als kieselsaures Salz (Cerit), Uran als Oxydoxydul in der sogenannten Pechblende vor.

§. 72.

Zink.

Der Galmei, ein in der Natur vorkommender, weißlich grauer oder gelblicher Körper, zeigt durch sein Verhalten gegen Säuren, daß er ein kohlensaures Salz ist. Aus seiner Auflösung in Schwefelsäure schlägt Kalilauge, wenn sie nicht bis zur alkalischen Reaction zugesetzt wird, einen weißen Körper nieder, während in der Flüssigkeit schwefelsaures Kali aufgelöst bleibt. Der Niederschlag verliert in höherer Temperatur Wasser und nimmt eine gelbe Farbe an, die er beim Erkalten wieder verliert, er verhält sich also ganz wie das Hydrat eines Metalloxydes. Von Eisenoxydulhydrat unterscheidet er sich dadurch, daß er an der Luft durchaus nicht

*) Diese beiden Metalle sind nach den Planeten Ceres und Uranus benannt, von denen der erstere kurze Zeit (1801) vor dem Cerium (1803) entdeckt wurde.

verändert wird. Seine Verschiedenheit vom Thonerdehydrat, mit welchem er die Auflöslichkeit in Kalilauge theilt, tritt am entschiedensten hervor, wenn man die Eigenthümlichkeiten des darin enthaltenen Metalles in's Auge faßt.

Mengt man nämlich das wasserfreie Oxyd mit Kohle in einer nur am einen Ende offenen eisernen Röhre und glüht dasselbe, so sammelt sich in einer vor der Oeffnung der Röhre angebrachten Vorlage ein leicht schmelzbares, weißgraues, glänzendes, sprödes Metall an, welches beim Zerbrechen eigenthümlich zackig-blättrige Bruchflächen zeigt. Dieses Metall ist Zink. Aus der Methode seiner Darstellung, welche auch fabrikmäßig betrieben wird, läßt sich entnehmen, daß es in starker Hitze in Gas verwandelt werden kann.

An der Luft überzieht sich blankes Zink bald mit einer matten, grauen Haut, welche beim beginnenden Schmelzen zunimmt, bis sich endlich beim Glühen das Metall mit lebhafter Flammenverbrennung in das schon oben erwähnte weiße Oxyd verwandelt.

In verdünnten Säuren löst sich das Metall unter Wasserstoffentwickelung auf und dasselbe wird daher, weil es das Wasserstoffgas unter den häufiger vorkommenden Metallen am reinsten liefert, am meisten zur Darstellung dieses Gases benutzt. — Döbereinersche Wasserstoff-Platinafeuerzeuge. —

Die Zinksalze sind giftig.

Das Metall kann daher, weil sich unter dem Einflusse fetter und saurer Speisen aus demselben Zinksalze bilden, nicht zu Küchengefäßen gebraucht werden, es wird hauptsächlich in Form von Blech zur Anfertigung verschiedener anderer Geräthe, z. B. Badewannen 2c. und zur Deckung von Dächern, auch zu durch Guß herzustellenden architektonischen Ornamenten 2c. benutzt.

§. 73.

Cadmium und Indium.

Das seit 1818 bekannte Cadmium steht dem Zink in chemischer Beziehung nahe und kommt in vielen Zinkerzen vor (*Καδμία*, Galmei).

Auch das in manchen Zinkblenden (S. 43) vorkommende Metall Indium*) (1863 entdeckt) zeigt in seinem chemischen Vereinigungsstreben gewisse Aehnlichkeit mit dem Zink.

*) Die Indiumverbindungen ertheilen farblosen Flammen eine indigoblaue Färbung.

§. 74.

Zinn.

Wird Zinnstein, ein an manchen Orten in nicht unbedeutender Menge vorkommendes, wenig glänzendes, gelbbraunes Mineral, im Wasserstoffstrome erhitzt, so bildet sich Wasser und ein eigenthümliches Metall: Zinn. Zinnstein ist also Zinnoxyd. In größeren Mengen wird das Metall technisch durch Erhitzen von Zinnstein mit Kohle und Flußmittel gewonnen. Es steht in seiner Farbe dem Silber nahe, ist sehr weich und ohne große Sprödigkeit, so daß es sich zu äußerst dünnen Platten (Stanniol) schlagen und walzen läßt; es ist unter den schweren Metallen mit am leichtesten, (bei 228°) schmelzbar und verursacht beim Biegen ein eigenthümliches, knisterndes Geräusch.

In Gegenwart von Säuren zersetzt es langsam das Wasser, oxydirt sich und löst sich dann in Verbindung mit der Säure auf. Aetzende Alkalien erzeugen in der Lösung einen weißen (im Ueberschuß des Fällungsmittels löslichen) Niederschlag, der seine Farbe in der Luft nicht verändert, und, wenn er in einem Strome von Kohlensäuregas stark erhitzt wird, Wasser ausgiebt und eine schwarze Farbe annimmt. Dieser schwarze Körper verwandelt sich beim Erhitzen im Wasserstoffstrome unter Wasserbildung in Zinn, jedoch bildet sich dabei mehr Zinn und weniger Wasser als bei der Reduction einer gleich großen Menge Zinnstein; der schwarze Körper ist also eine niedrigere Oxydationsstufe des Zinns als der Zinnstein. Zinnoxydul und dessen Hydrat. Die Kohlensäure, in welcher das Zinnoxydulhydrat erhitzt wird, bleibt unverändert und wird auch von dem Oxydul nicht aufgenommen, sie bewirkt nur, daß keine Luft (kein Sauerstoff) mit dem erhitzten Oxydul in Berührung tritt. Ist dies nämlich der Fall, so giebt das Hydrat zwar auch sein Wasser ab, aber das entstandene Oxydul nimmt dann noch Sauerstoff auf und verwandelt sich in weißes Oxyd von derselben Zusammensetzung wie der Zinnstein.

Das Oxydul löst sich in Säuren leicht auf und bildet damit Salze, das erwähnte Oxyd nicht.

In Salpetersäure verwandelt sich das Zinn unter Entwickelung von Stickoxydgas ebenfalls in Oxydhydrat, das sich weder in der Salpetersäure, noch in Schwefelsäure auflöst. — Das Oxydul ist also eine starke Basis, das Oxyd hat so gut wie gar keine basische Eigenschaften.

Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt sich das Zinn in der Luft kaum, weswegen man Eisen und andere Metalle vor Rost dadurch bewahrt, daß man sie mit einer dünnen Lage Zinn überzieht. Es geschieht dies, indem man die vollkommen blank gemachten Bleche einige Zeit in geschmolzenem

Zinn verweilen läßt und sodann, um die Verzinnung gleichmäßig und blank herzustellen, mehreremal durch das flüssige Metall hindurchführt (Weißblech).

Beim Schmelzen an der Luft oxydirt sich das Zinn und überzieht sich mit einer zum größten Theile aus Oxyd bestehenden grauen Haut, — sogenannte Zinnasche; in noch höherer Temperatur verbrennt es vollständig zu Oxyd.

Weil das Zinn auch von schwach sauren und fetten Flüssigkeiten kaum angegriffen wird und die Zinnverbindungen nicht giftig sind, eignet es sich besonders zur Darstellung von Küchengeräthschaften.

§. 75.

Blei.

Der **Bleiglanz**, ein bläulich, graues, glänzendes Mineral, läßt schon durch sein äußeres Ansehen und seine Schwere vermuthen, daß er ein Metall enthält. Wird derselbe in einem Tiegel mit Eisenstücken und einem Flußmittel, etwa kohlensaurem Natron, zusammengeschmolzen, so findet man nach dem Erkalten am Boden des Tiegels ein von den bisher erwähnten besonders durch seine große Schwere sehr abweichendes Metall, das bekannte Blei, über welchem sich eine Schlacke befindet, welche aus dem unveränderten Flußmittel und Schwefeleisen besteht. Der Bleiglanz muß also eine Verbindung von Schwefel und Blei sein. Nach diesem Princip wird hin und wieder das Blei technisch gewonnen. — Werkblei.

Wird solches Blei geschmolzen, während man mit einem Gebläse Luft darauf bläst, so erzeugt sich gelbes Bleioxyd, welches ebenfalls flüssig bleibt. Giebt man letzterem Gelegenheit, von dem schweren Metalle abzufließen, so hört nach einiger Zeit meistens das Metall auf, sich zu oxydiren und bleibt dann überhaupt unverändert; selten verwandelt sich die ganze Masse in Oxyd. Der erkaltete Rückstand hat aber nicht mehr die Eigenschaften des Bleis, er ist reiner weiß, hat eine größere Härte, einen größeren Glanz und einen helleren Klang und vermag sich bei keiner Temperatur mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden, er ist eben nicht mehr Blei, sondern das bekannte Silber. — Das abgeflossene Oxyd verwandelt sich beim Schmelzen mit Kohle und einem Flußmittel in reines Blei, Weichblei. Das Werkblei enthält also außer Blei häufig noch Silber. Die Menge, welche sich von letzterem darin vorfindet, ist sehr verschieden; jedoch möchte sie wohl niemals 20 bis 30 Loth im Centner übersteigen.

Das specifische Gewicht des Bleis ist 11,4, seine Farbe kommt der des Zinks oder des Zinns am nächsten, nur sticht sie mehr in's Blaugraue. Es ist nicht so spröde wie Zink und läßt sich gleich dem Zinn in

sehr dünne Platten auswalzen; es hat ferner eine so große Weichheit, daß es abfärbt und zu Drähten ausgezogen eine höchst geringe Haltbarkeit besitzt.

Bleioxyd. Auch in chemischer Beziehung weicht das Blei von den früher erwähnten Metallen sehr ab. Es zersetzt Wasser selbst bei Gegenwart von Säuren nicht, scheint also schwieriger oxydirbar zu sein; aber an der Luft verliert es bald seinen Glanz und beim Schmelzen bedeckt es sich zuerst mit einer grauen Haut, welche sich nach und nach in ein gelbes Pulver verwandelt. Letzteres erzeugt beim Glühen im Wasserstoffstrome Wasser und Blei, ist also *Bleioxyd*. In Salpetersäure löst es sich leicht auf. Die Auflösung setzt beim Verdunsten farblose Krystalle ab, die beim Glühen Untersalpetersäure und Sauerstoff — Zersetzungsproducte der Salpetersäure — entwickeln und das gelbe Bleioxyd wieder unverändert zurücklassen. Dieses Oxyd hat also die Fähigkeit, mit Säuren sich zu vereinigen.

In Salpetersäure löst sich das Blei leicht unter Entwickelung von Stickoxydgas zu salpetersaurem Salz auf (§. 28), von Schwefelsäurehydrat wird es nur sehr langsam unter Bildung von schwefliger Säure gelöst, weil das entstehende schwefelsaure Salz auch in Schwefelsäurehydrat schwer löslich ist und sich auf dem Metall fest ansetzt, so daß die Säure nicht weiter darauf einwirken kann. In lufthaltigem Wasser bildet das Blei sehr rasch weißes Oxydhydrat, bei Gegenwart von Kohlensäure entsteht ein kohlensaures Salz.

Superoxyde des Bleis. Wird Bleioxyd längere Zeit bei Luftzutritt stark erhitzt, so verwandelt es sich in einen prächtig rothen Körper, der in den Gewerben unter dem Namen von Mennige vielfach als Farbe benutzt wird. Er entwickelt in noch stärkerer Hitze wieder Sauerstoff und wird zu gelbem Oxyd, ist also eine höhere Oxydationsstufe des Bleis, *Bleisuperoxydul*. In Salpetersäure löst er sich nur theilweise auf. Die Lösung enthält aber nur salpetersaures Bleioxyd, und das nicht Gelöste hat eine braune Farbe angenommen. Dieser braune Körper giebt beim Glühen ebenfalls Sauerstoff und gelbes Oxyd, aber mehr Sauerstoff und weniger Oxyd als eine gleich große Mennigemenge, er ist daher eine noch höhere Oxydationsstufe als die Mennige, — *Bleisuperoxyd*. Seine Entstehung aus der Mennige kann folgendes Schema veranschaulichen:

Mennige = Bleioxyd + Sauerstoff,

ferner

$$\left.\begin{array}{l}\text{Mennige}\\ \text{Mennige}\\ \text{Salpetersäure}\end{array}\right\} + \;=\left\{\begin{array}{l}\text{Bleioxyd + Sauerstoff}\\ \text{Bleioxyd + Sauerstoff}\\ \text{Salpetersäure}\end{array}\right\} + \;=$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Bleioxyd + Sauerstoff + Sauerstoff}\\ \text{Bleioxyd}\\ \text{Salpetersäure}\end{array}\right\} + =$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Mennige + Sauerstoff}\\ \text{Salpetersaures Bleioxyd}\end{array}\right\} + = \left\{\begin{array}{l}\text{Bleisuperoxyd}\\ \text{Salpetersaures Bleioxyd}\end{array}\right\}$$

Alle Bleiverbindungen sind giftig.

Aus diesem Grunde eignet sich das Blei nicht zur Herstellung von Gefäßen für den Küchengebrauch; es wird dagegen viel zu Röhren, Gas- und Wasserleitungsröhren, benutzt, welch letztere Anwendung übrigens, da das Bleioxyd in Wasser sich etwas auflöst, ebenfalls nicht unbedenklich ist. Auch zu Siedepfannen 2c. findet das Blei Verwendung, jedoch, da es schon bei 330° schmilzt, nur für solche Flüssigkeiten, die keinen zu hohen Siedepunkt haben.

§. 76.
Thallium.

Dieses erst 1861 entdeckte Metall ist im Allgemeinen dem Blei ähnlich; es kommt in geringer Menge in manchen Schwefel- und Kupferkiesen vor. Die Verbindungen des Metalls geben farblosen Flammen eigenthümliche grüne Färbungen. (*θάλλειν*, blühen, grünen.)

§. 77.
Wismuth*).

Manche Erze, besonders Kobalt- und Nickelerze, enthalten ein eigenthümliches Metall, das **Wismuth**, im regulinischen Zustande und lassen dasselbe beim Erhitzen leicht ausfließen. Es wird hauptsächlich aus Kobalterzen gewonnen, besitzt eine röthlich weiße Farbe, schmilzt schon bei 249° und wird in starker Hitze gasförmig. Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich nicht an der Luft, wohl aber beim Glühen und in concentrirten Säuren. Sein Oxyd ist ein gelbes Pulver.

§. 78.
Kupfer.

Malachit, ein grünes, und Kupferlasur, ein blaues Mineral, entwickeln beide beim Uebergießen mit Säuren sowie in starker Hitze Kohlensäure. Im letzteren Falle bleibt ein schwarzes Pulver zurück, welches beim Glühen

*) Dieser Name soll dadurch entstanden sein, daß die Bergleute von dem Metalle, welches bei oberflächlicher Oxydation in vielfacher Färbung anläuft, zu sagen pflegten, es erscheine schön, wie eine Wiesenmatte voll blühender Blumen.

in Wasserstoffgas (§. 19), wie auch beim Schmelzen mit Kohle und einem Flußmittel reducirt wird und das durch seine rothe Farbe ausgezeichnete Kupfer liefert. Der schwarze Körper ist Kupferoxyd, und Malachit und Kupferlasur sind kohlensaure Salze desselben. Aus letzteren stellt man, wo sie in hinreichender Menge vorkommen, das Metall durch Verschmelzen mit Kohle und einem Flußmittel in Schachtöfen dar. Häufiger wird dasselbe freilich aus schwefelhaltigen Kupfererzen (Kupferkies S. 43) gewonnen; doch kann das Verfahren, nach welchem man diese verarbeitet, erst später erörtert werden. — Schwierige Schmelzbarkeit und große Geschmeidigkeit und Zähigkeit machen das Kupfer zu den mannigfaltigsten Anwendungen geeignet, zur Drahtfabrikation, zur Darstellung verschiedener Gefäße, selbst solcher, welche hohe Hitzegrade auszuhalten bestimmt sind ꝛc.

In feuchter Luft bedeckt sich das Kupfer leicht mit einem grünen Pulver (Grünspahn), das sich beim Glühen als kohlensaures Salz zu erkennen giebt; an der Luft erhitzt, verwandelt es sich in schwarzes Oxyd, welches von Säuren mit blauer Farbe aufgelöst wird. Aus concentrirten Lösungen der Art lassen sich die Kupferoxydsalze in festen Krystallen darstellen, z. B. schwefelsaures Kupferoxyd (§. 23) und salpetersaures Kupferoxyd (§. 28). Sie sind sämmtlich sehr giftig, weswegen kupferne Geschirre, die zur Zubereitung von Lebensmitteln bestimmt sind, um Grünspahnbildung zu verhüten, entweder verzinnt sein, oder doch nach jedesmaligem Gebrauche sorgfältig gereinigt und getrocknet werden müssen. Zum Aufbewahren von Lebensmitteln sollten kupferne Geschirre überall nicht benutzt werden.

Aus den Auflösungen der Kupferoxydsalze fällt Kalilauge blaues Kupferoxydhydrat, welches beim Kochen mit überschüssigem Kali zu schwarzem Oxyd wird (§. 50).

Manche organische Körper, z. B. Honig, oder der darin enthaltene Zucker, verhindern, wenn sie in einer Kupferoxydsalzlösung aufgelöst werden, die Zersetzung derselben durch Kali, oder verursachen, daß ein anfangs entstehender Niederschlag bei weiterem Zusatz des Alkalis wieder aufgelöst wird. Die Flüssigkeit nimmt dabei eine tief dunkelblaue Färbung an und scheidet beim Erwärmen einen zuerst gelben, bald schön roth werdenden krystallinischen Niederschlag ab. Dieser rothe Körper enthält auf gleich viel Kupfer weniger Sauerstoff als das Oxyd, er verbindet sich aber nur mit wenigen Säuren, durch die meisten wird er in Kupferoxydsalz und Kupfer zersetzt — Kupferoxydul. Der gelbe Körper ist wahrscheinlich Kupferoxydulhydrat; bei seiner oben erwähnten Bildung entsteht er natür-

lich aus dem Oxyd dadurch, daß letzteres an den Zucker einen Theil seines Sauerstoffs abgiebt.

Säurehaltiges Wasser wird von Kupfer nicht zersetzt.

Das Metall kommt auch hin und wieder in der Natur gediegen vor.

§. 79.

Rückblick.

Werfen wir noch einmal einen Rückblick auf die wichtigsten der nun abgehandelten schweren Metalle und vergleichen wir sie mit den leichten, so finden wir außer im specifischen Gewichte noch in ihrem Verhalten zum Sauerstoff eine bedeutende Abweichung. Der Sauerstoff verbindet sich entschieden leichter mit den letzteren als mit den ersteren; von diesen oxydirt sich keins in der Luft oder zersetzt das Wasser mit solcher Leichtigkeit wie Kalium, Natrium und Calcium. Einige von ihnen, wie Blei, Wismuth und Kupfer, bleiben sogar in verdünnten Säuren unverändert. In höherer Temperatur oxydiren sie sich leicht, und die gebildeten Oxyde können durch Wärme allein zwar ihres Sauerstoffs nicht beraubt werden, aber an Wasserstoff geben sie ihn beim Erhitzen meist leicht ab, was keins der leichten Metalle thut. Von Kohle werden sie auch leichter reducirt als Kalium und Natrium.

Unter den Oxyden der schweren Metalle giebt es einzelne, wie Bleioxyd, welche in Wasser in sehr geringer Menge löslich sind, keins jedoch zieht Wasser oder Kohlensäure aus der Luft mit solcher Begierde an wie die Alkalien und alkalischen Erden.

Hat eins dieser Metalle mehr als eine Oxydationsstufe, so ist entweder nur eine davon eine Salzbasis wie beim Blei, oder die übrigen haben wenigstens ein weit geringeres Streben, sich mit Säuren zu verbinden (Zinn rc.).

Salpetersäure- und siedendes Schwefelsäurehydrat geben leicht einen Theil ihres Sauerstoffs an diese Metalle ab (bezüglich des Bleis siehe übrigens S. 115).

Edele Metalle.

§. 80.

Quecksilber.

An einigen Stellen der Erde, z. B. bei Idria, in Spanien, in Peru rc. kommt **Quecksilber** tropfenweise in kleinen Vertiefungen verschiedener Gesteine vor und wird dort durch Ausklopfen gewonnen. Doch ist die auf diese Weise in den Handel gebrachte Menge des Metalls sehr gering.

An denselben Orten kommt auch der durch seine Anwendung als Farbe so bekannte rothe Zinnober vor. Wird dieser mit Eisenfeilspähnen gemengt und in einer Retorte, der eine Vorlage angefügt ist, stark erhitzt, so destillirt Quecksilber in letztere über, während in der Retorte Schwefeleisen zurückbleibt. Zinnober ist also Schwefelquecksilber. Auch beim Erhitzen mit Kalkerde erhält man Quecksilber aus dem Zinnober, während sich Schwefelcalcium und schwefelsaure Kalkerde bilden, eine Thatsache, welche zur Gewinnung des Quecksilbers aus dem Zinnober im Großen benutzt wird.

Das Quecksilber zeichnet sich außer durch seinen großen Glanz und seine silberweiße Farbe vor allen Metallen dadurch aus, daß es bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist; bei 360° siedet und bei — 39° erstarrt es.

Angesäuertes Wasser verändert das Quecksilber nicht; wird es aber mit Salpetersäure gekocht, so löst es sich unter Entwickelung von Stickoxydgas auf. Aus der concentrirten Flüssigkeit lassen sich weiße Krystalle erhalten, welche beim vorsichtigen Erhitzen Untersalpetersäure und Sauerstoff entwickeln und einen rothen, pulverförmigen Körper zurücklassen. Letzterer zerfällt in stärkerer Hitze in Sauerstoff und Quecksilber und ist Quecksilberoxyd. Das farblose Salz war also salpetersaures Quecksilberoxyd.

Durch überschüssige Kalilauge wird das Oxyd aus seinen aufgelösten Salzen als gelber Niederschlag ausgeschieden. (Derselbe ist nicht Oxydhydrat.)

Salpetersäure löst Quecksilber unter Stickoxydgasentwickelung schon in der Kälte auf. Wird diese Flüssigkeit aber mit Kalilauge vermischt, so fällt ein schwarzer Körper nieder, der beim Erhitzen ebenfalls Quecksilber und Sauerstoff liefert, aber weniger Sauerstoff als eine gleich große Menge Oxyd. Derselbe ist also wasserfreies Quecksilberoxydul, und das aufgelöste Salz war salpetersaures Quecksilberoxydul.

Wird Quecksilber längere Zeit an der Luft bis zum Sieden erhitzt, so bedeckt es sich ebenfalls mit rothen Schuppen von Oxyd, welches in stärkerer Hitze wieder in Metall und Sauerstoff zerfällt; in gewöhnlicher Temperatur bleibt das Metall selbst in reinem Sauerstoff unverändert.

Ueber das Verhalten des Quecksilbers zu Schwefelsäurehydrat siehe S. 39, über die Chlorverbindungen desselben S. 74 u. 75.

Sämmtliche Quecksilberverbindungen sind giftig und zwar in desto höherem Grade, je leichter sie löslich sind. Das leicht lösliche Quecksilberchlorid ist eins der stärksten Metallgifte. (Dasselbe hat, weil es sich in der Hitze unverändert sublimiren läßt, den Namen Sublimat, das Chlorür heißt auch Calomel).

§. 81.

Silber.

Das **Silber**, von welchem schon in §. 75 die Rede war, ist so dehnbar und streckbar, daß sich daraus Blättchen darstellen lassen, deren 100000 zusammen erst einen Zoll dick sein würden, und daß es sich zu Draht ausziehen läßt, von welchem 400 Fuß Länge erst 0,06 Gramm wiegen würden. In Wasser und verdünnter Schwefelsäure bleibt es unverändert, aber in siedendem Schwefelsäure- und in Salpetersäurehydrat löst es sich auf (§. 23 und 28). Aus der salpetersauren Lösung läßt sich ein krystallisirbares Salz gewinnen, welches sich leicht in Wasser auflöst. Versetzt man eine so erhaltene Flüssigkeit mit Aetzkali, so scheidet sich ein schwarzes Pulver ab, und in der Lösung bleibt salpetersaures Kali aufgelöst. **Das schwarze Pulver zersetzt sich schon beim bloßen Erhitzen in gasförmig entweichenden Sauerstoff und metallisches Silber, es ist also Silberoxyd** (§. 1).

Wie mit der Salpetersäure, so vereinigt es sich auch mit den übrigen Säuren, es ist also ein vollkommen basisches Oxyd. Die löslichen Silberverbindungen, namentlich das salpetersaure Salz, sind giftig. Letzteres hat auch ätzende Eigenschaften (Lapis infernalis, Höllenstein). Ueber Chlorsilber siehe S. 77.

§. 82.

Gold.

Dieses Metall findet sich auf der Erde fast nur gediegen, entweder in verschiedene Felsarten eingewachsen, oder in kleinen rundlichen Körnern in trocknen Sandablagerungen und endlich im Sande mancher Flüsse. Wird solcher Sand mit Wasser stark umgerührt, so setzt sich nach wieder eingetretener Ruhe zuerst das Gold als ein sehr schwerer Körper ab und mit ihm nur wenige der schwersten Theile des Sandes. Die leichteren Theile desselben können dann, ohne daß noch viel Gold zwischen ihnen bleibt, leicht mit dem Wasser abgegossen werden. Wird mit dem zurückbleibenden Bodensatze derselbe **Schlämmproceß** noch mehreremal vorgenommen, so kann man den Sand vollständig von dem Golde entfernen. Durch ähnliche Operationen wird dieses Metall technisch aus dem Goldsande oder den vorher gehörig zerkleinerten Golderzen als ein Haufen kleinerer Körner gewonnen, die sich leicht zu compacten Massen zusammenschmelzen lassen.

Das Gold übertrifft das Silber noch vielmal an Dehnbarkeit. Die Goldschläger können Goldblättchen von so außerordentlicher Feinheit ver-

fertigen, daß etwa 280000 derselben auf einander gelegt einen Haufen von 1 Zoll Dicke geben, und man hat so dünne Golddrähte hergestellt, daß eine Länge derselben von 500 Fuß etwa 0,06 Gramm wog.

Außer seiner gelben Farbe und seinem schönen Glanze hat das Gold vor den anderen Metallen seine schwere Oxydirbarkeit voraus. Mit dem Sauerstoff der Luft läßt es sich auf keine Weise vereinigen, in Wasser, in verdünntem und in reinem Schwefelsäurehydrat, auch in Salpetersäurehydrat bleibt es selbst beim Sieden unverändert.

Nur ein Gemenge von Salpetersäure und Salzsäure, Königswasser genannt (S. 77), löst das Gold unter Bildung von Goldchlorid auf.

Digerirt man eine Goldchloridlösung mit Bittererde, so schlägt sich Goldoxydhydrat als ein bräunlicher Körper, gemengt mit überschüssiger Bittererde nieder. Wird dasselbe von der Flüssigkeit getrennt und, nach dem Auswaschen, mit verdünnter Salpetersäure behandelt, um die Bittererde zu entfernen, so erhält man es rein. Entfernt man die Bittererde mit Salpetersäurehydrat, anstatt mit verdünnter Säure, so bleibt braunes Goldoxyd zurück, welches, nach dem Trocknen einer starken Hitze ausgesetzt, in Sauerstoff und metallisches Gold zerfällt. Dieses Goldoxyd ist in concentrirten Säuren und in Alkalien schwer löslich, das frisch gefällte Hydrat löst sich in alkalischen Laugen leicht auf. Aus der Auflösung in Salpetersäure und Schwefelsäure läßt sich aber kein salpetersaures oder schwefelsaures Salz in fester Form erhalten, und überdies wird bei Wasserzusatz zu der Flüssigkeit das Goldoxyd wieder unverändert ausgeschieden. Die Lösung des Goldoxyds in Alkalien wird durch Wasserzusatz nicht verändert. Man schließt daher, daß das Goldoxyd weniger Neigung hat, sich mit Säuren als mit Basen zu verbinden, und man könnte es daher eher eine Säure als ein basisches Oxyd nennen. Bei Auflösung des Goldoxyds in Salzsäure entstehen natürlich Wasser und Goldchlorid, ein Körper, der kein Oxyd enthält.

§. 83.

Platina*).

Auch das Platina kommt nur gediegen in der Natur vor, und zwar an wenigen Stellen der Erde, vorzüglich in Columbien und am Ural. Es findet sich daselbst im Schuttlande in rundlichen Stücken von gewöhnlich nur geringer Größe. Das größte Stück, was bis jetzt gefunden ist, hat der Ural geliefert; es wog ungefähr 18 Pfund. Das natürliche Platina ist noch mit mehreren anderen Metallen verbunden, von denen es

*) Dieses Wort stammt aus dem Spanischen und ist das Diminutivum für Silber.

auf eine sehr umständliche Weise befreit wird. Es ist durch seine grauweiße Farbe und seinen geringeren Glanz weit unansehnlicher als das Silber; es ist eins der schwersten (spec. Gew. = 21,15) Metalle. Im stärksten Ofenfeuer ist es unschmelzbar, nur in der Flamme, welche entsteht, wenn Wasserstoffgas, Leuchtgas oder Weingeist in reinem Sauerstoff verbrennt, läßt es sich flüssig machen; — beiläufig ein Beweis, daß diese Flammen eine größere Hitze besitzen als alle Ofenfeuer.

Das Platina gleicht dem Golde vollkommen in seiner Unfähigkeit an der Luft, in Wasser und in Säuren oxydirt zu werden; wie jenes wird es nicht von Salpetersäurehydrat, sondern nur von Salpetersalzsäure unter Bildung von Platinchlorid aufgelöst. Letzteres verwandelt sich beim Glühen in Chlorgas und metallisches Platina von mattem, grauem, schwammig pulverigem Aeußeren. — Platinschwamm.

Dampft man eine Platinchloridlösung mit der erforderlichen Menge Schwefelsäure ein, so erhält man schwefelsaures Platinoxyd, aus dessen wässeriger Lösung kohlensaure Kalkerde in der Siedhitze unter Entwickelung von Kohlensäure Platinoxydhydrat fällt, dem man durch Behandeln mit verdünnter Essigsäure (der Säure im Essig, von welcher später ausführlicher die Rede sein wird) die überschüssige kohlensaure Kalkerde und durch lange fortgesetztes Auswaschen die schwefelsaure Kalkerde (S. 33) entziehen kann. Das röthlich braune Hydrat verwandelt sich bei vorsichtigem Erhitzen in schwarzes Oxyd, welches in höherer Temperatur in Sauerstoff und Platina zerfällt. — Das Platinoxydhydrat löst sich in Säuren auf und bildet Salze, welche beständiger sind als die Salze des Goldoxyds, vereinigt sich jedoch auch mit Alkalien, kann also gewissermaßen die Rolle einer Säure, wie die einer Basis spielen.

Das Platina hat die eigenthümliche Fähigkeit, Wasserstoff, wenn es in einer Atmosphäre desselben bis zum Rothglühen erhitzt wird, zu absorbiren, und denselben auch beim Erkalten zurückzuhalten. Die absorbirte Wasserstoffmenge kann bis zum 5,5fachen Volumen des Platinas steigen. Wird das mit Wasserstoff beladene Platina in einen mit einer Luftpumpe verbundenen Apparat gebracht und letzterer luftleer gemacht, so entweicht der Wasserstoff aus dem Platina erst dann wieder, wenn es bis zum Glühen erhitzt wird.

Wird ein Stückchen Platinaschwamm in ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gebracht, so wird dasselbe glühend, die Gase entflammen sich und vereinigen sich mit einander zu Wasser. Compacte Platinmassen vermögen ebenfalls, jedoch mit weniger Energie, diese Ver-

bindung zu veranlassen. Das Metall wird dabei durchaus nicht verändert — Platinafeuermaschinen.

§. 84.

Palladium. Iridium. Rhodium. Ruthenium. Osmium.*)

Diese Metalle sind bisher fast nur als Begleiter des natürlichen Platins angetroffen worden, dem sie übrigens in chemischer Beziehung, besonders durch ihr schwaches Vereinigungsstreben zum Sauerstoff nahe stehen.

Vom Palladium ist noch besonders als bemerkenswerth zu erwähnen, daß es in noch weit höherem Grade als das Platina, und schon bei gewöhnlicher Temperatur, die Fähigkeit besitzt, Wasserstoff zu absorbiren und so festzuhalten, daß er erst in höherer Temperatur in ein Vacuum entweicht. Wenn man mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser durch den galvanischen Strom zersetzt und dabei als denjenigen (negativen) Pol, an welchem sich der Wasserstoff entwickelt, einen Palladiumdraht anwendet, so kann derselbe sein 900faches Volumen und mehr von dem Gase verschlucken, ohne daß er sein metallisches Aeußere dabei verliert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Wasserstoff hierbei auch in einen metallartigen festen Körper, vorzugsweise Hydrogenium genannt, verwandelt wird und sich mit dem Palladium in ähnlicher Weise mengt, wie man Metalle auch durch Zusammenschmelzen vereinigen kann (§ 90.) — Ein Palladiumdraht von 500 bis 600 Millimeter Länge verlängert sich bei der Beladung mit Wasserstoff um 7 bis 10 Millimeter

§. 85.

Rückblick.

Die in den §§. 80—83 abgehandelten Metalle weichen von den übrigen schweren Metallen in manchen Eigenschaften ebenso weit ab, wie diese von den leichten.

Sie haben zunächst ein höheres specifisches Gewicht als die früher erwähnten; das leichteste von ihnen ist das Silber (sp. Gew. = 10,47), das schwerste das Platin (sp. Gew. 21,15); dann aber sind sie, und das ist besonders wichtig, schwieriger oxydirbar. An der Luft vermag sich nur Quecksilber, und zwar in höherer Temperatur, mit Sauerstoff zu verbinden; Wasser vermag keins derselben, selbst bei Gegenwart von Säuren,

*) Der Name Palladium ist nach dem des Planeten Pallas gebildet worden (§. 26), Iridium (ἶρις, Regenbogen) deutet das Farbenspiel, das den Salzen des Metalls eigenthümlich ist, Rhodium (ῥόδεος, rosenroth) die Farbe der Salze, Osmium (ὀσμή, Geruch) den Geruch einer Oxydationsstufe, Ruthenium (Ruthenia, Rußland) das Vorkommen von Mineralien, welche das Metall enthalten, an.

zu zersetzen; der Salpetersäure können nur Quecksilber und Silber den Sauerstoff entziehen; Gold und Platina können nur auf Umwegen oxydirt werden. Bei allen aber ist der Sauerstoff in den Oxyden so schwach an das Metall gebunden, daß er beim Erhitzen dasselbe leicht und vollständig verläßt. Sie eignen sich, weil sie so unveränderlich sind, und also in einzelnen Stücken an Werth nie verlieren, ganz vorzüglich zu Tauschmitteln. Dieser Unveränderlichkeit verdanken sie auch den Namen: edele Metalle, im Gegensatz zu den übrigen schweren Metallen, welche auch unedele genannt werden.

Säuren bildende Metalle.

Unter den im Vorhergehenden geschilderten Metallen haben wir zwar mehrere gefunden, deren Oxyde sich in Kalilauge auflösen (Thonerde, Goldoxyd 2c.), also zweifelsohne Neigung besitzen, unter Umständen und in einzelnen Fällen den Charakter einer Säure anzunehmen; — allein keins derselben bildet doch mit Sauerstoff so bestimmt ausgesprochene Säuren, wie diejenigen Metalle, zu deren Betrachtung wir nunmehr übergehen.

§. 86.

Chrom.

Chromsäure. Wird Chromeisenstein, ein grünlich schwarzes Mineral, mit Salpeter geschmolzen, und die Masse nachher mit Wasser ausgelaugt, so bekommt man eine gelbe Flüssigkeit, welche nach gehörigem Eindampfen beim Erkalten einen gelben festen Körper auskrystallisiren läßt. Aus einer concentrirten Auflösung des letzteren scheidet Schwefelsäurehydrat, in großem Ueberschuß hinzugefügt, eine carmoisinrothe Substanz in nadelförmigen Krystallen aus. Sollen diese für sich dargestellt werden, so darf man sie nicht durch Papier abfiltriren, denn in Berührung mit Papier zersetzen sie sich und wandeln sich in einen später zu erwähnenden braunen Körper um. Man erhält die Krystalle am besten rein, wenn man, nachdem sie sich abgesetzt haben, den größten Theil der Flüssigkeit abgießt und das Uebrige auf einen porösen Ziegelstein bringt. Dieser saugt die noch an dem rothen Körper haftende Flüssigkeit größtentheils ein. Um ihn aber vollständig davon zu reinigen, löse man ihn wieder in Wasser auf, concentrire die Lösung und stelle sie unter eine Glasglocke über Schwefelsäure; dann schießt der rothe Körper in einzelnen Krystallen an, die man aus der Flüssigkeit herausnimmt und auf einem Ziegelsteine trocknet. Er röthet Lackmuspapier. Wird seine wässerige Lösung so lange

mit Aetzkalilauge vermischt, bis die saure Reaction verschwunden ist, so kann man aus der concentrirten Flüssigkeit dasselbe gelbe, krystallisirte neutrale Kalisalz erhalten, von welchem oben die Rede war. Der rothe, feste Körper hat also alle Eigenschaften einer Säure.

Wird die Auflösung des Kalisalzes mit Auflösungen der salpetersauren Salze von Baryterde, Bleioxyd, Quecksilberoxydul und Silberoxyd vermischt, so erhält man Niederschläge, welche sich durch ihre schönen Farben auszeichnen; die von Baryterde und Bleioxyd sind gelb, der von Quecksilberoxydul ist roth und der von Silberoxyd rothbraun. In Auflösung bleibt bei diesen Versuchen salpetersaures Kali; in den Niederschlägen muß also die rothe Säure mit den erwähnten Basen verbunden sein. Die schönen Farben dieser Salze sind die Veranlassung gewesen, die Säure Chromsäure d. h. Farbensäure (χρῶμα = Farbe) zu nennen. Das Bleioxydsalz, Chromgelb genannt, findet als Oelfarbe Anwendung.

Wasser löst die Chromsäure ziemlich leicht auf, schwieriger, wenn dasselbe Schwefelsäure enthält, weshalb bei ihrer Ausscheidung aus dem Kalisalz mittels überschüssiger Schwefelsäure der größte Theil auskrystallisirt, wenn die Salzlösung nicht zu verdünnt ist.

Versetzt man die Lösung des oben erwähnten gelben, neutralen chromsauren Kalis mit halb so viel Salpetersäurehydrat, als zu dessen vollständiger Zersetzung erforderlich ist, so kann man saures chromsaures Kali daraus krystallisirt erhalten, welches eine rothe Farbe hat, und aus dem mit Hülfe von Schwefelsäurehydrat die Chromsäure sich leichter darstellen läßt als aus dem neutralen.

Chromoxyd. Leitet man durch eine Auflösung von Chromsäure in Wasser schwefligsaures Gas, so färbt sich die Flüssigkeit allmälig schön grün, enthält aber nach dem Kochen keine schweflige Säure mehr. Nach gehöriger Concentration scheidet sich aus ihr bei längerem Stehen ein Salz in tief violettrothen Krystallen aus, welches von Wasser mit violetter, in der Wärme mit grüner Farbe leicht aufgenommen wird. Chlorbaryum fällt aus dieser Lösung schwefelsaure Baryterde. Die hiernach in den Krystallen enthaltene Schwefelsäure kann nur aus der schwefligen Säure entstanden, und der zu dieser Umwandlung erforderliche Sauerstoff muß von der Chromsäure geliefert worden sein. Aetzkalilösung bewirkt in der Lösung der Krystalle einen grünen, im Ueberschusse von Kali löslichen Niederschlag, während in der Flüssigkeit schwefelsaures Kali aufgelöst bleibt. Der Niederschlag verliert in der Hitze Wasser und nimmt eine dunklere Farbe an, er ist also das Hydrat einer Basis. Letztere muß aus der Chromsäure durch Abgabe von Sauerstoff an die schweflige Säure entstanden und

demnach eine niedrigere Oxydationsstufe als die Chromsäure sein, — Chromoxyd und Chromoxydhydrat. Die Chromsäure wird also durch die schweflige Säure theilweise reducirt und in Chromoxyd verwandelt, welches mit der entstehenden Schwefelsäure verbunden bleibt.

Die Chromsäure verwandelt sich schon beim Erhitzen für sich in Sauerstoff und Chromoxyd.

Aus letzterem läßt sich durch heftiges Glühen mit Kohlenpulver ein eigenthümliches, grauweißes Metall darstellen — Chrom.

Der Chromeisenstein ist eine Verbindung von Chromoxyd und Eisenoxydul. Beim Schmelzen mit Salpeter oxydirt sich das Chromoxyd zu Chromsäure, welche mit dem frei gewordenen Kali des Salpeters gelbes chromsaures Kali bildet, und das Eisenoxydul zu Eisenoxyd, welches zurückbleibt, wenn man das chromsaure Kali mit Wasser auszieht.

§. 87.

Mangan.

Schon in §. 12 ist erwähnt worden, daß der in schwarzgrauen, glänzenden, krystallinischen Massen natürlich vorkommende Braunstein das Superoxyd eines Metalles, Mangan, ist. Beim Glühen entwickelt er Sauerstoffgas (§. 13) und verwandelt sich zuerst in Manganoxyd und dann in Manganoxydoxydul, niemals aber in Manganoxydul.

Aus den genannten Sauerstoffverbindungen entsteht beim Glühen mit Kohlenpulver ein eigenthümliches, grauweißes Metall, Mangan, welches mit den Metallen der alkalischen Erden die Eigenschaft theilt, sich in Wasser und Luft leicht zu oxydiren, und daher unter Steinöl aufbewahrt werden muß.

Der Braunstein löst sich in Säuren nicht ohne Zersetzung auf. Mit Schwefelsäurehydrat erhitzt, entwickelt er Sauerstoff (§. 13). Dasselbe Quantum Braunstein giebt aber hierbei mehr Sauerstoff aus, als wenn es durch Glühen in Oxydoxydul verwandelt wird, es wird dabei also zu einer noch niedrigeren Oxydationsstufe reducirt. Die Auflösung geschieht vollständig, und Alkalien schlagen daraus einen weißen Körper nieder, der sich in Säuren leicht auflöst, aber an der Luft in braunes Oxydhydrat verwandelt wird, und deswegen das Hydrat jener niedrigeren Oxydationsstufe — des Oxyduls — sein muß.

In Salzsäure löst sich der Braunstein unter Entwickelung von Chlor und Bildung von Manganchlorür auf (§§. 45 und 49). Letzteres läßt sich durch Abdampfen der Flüssigkeit in rosenrothen Krystallen erhalten.

Säuren des Mangans. Schmilzt man eine der erwähnten Oxydationsstufen des Mangans mit Salpeter und Kali zusammen und erhält man die Masse einige Zeit in der Glühhitze, so bekommt man nach dem Erkalten einen tief dunkelgrünen Körper, welcher sich in wenig Wasser mit derselben Farbe auflöst. Die Auflösung setzt beim freiwilligen Verdunsten im luftleeren Raume Krystalle von gleicher Farbe ab. Werden letztere mit verdünnter Salpetersäure gekocht, so entwickelt sich Sauerstoffgas, es fällt Mangansuperoxyd nieder und salpetersaures Kali geht in Auflösung. Diese Thatsachen lehren, daß die grünen Krystalle ein Kalisalz sind, dessen Säure eine höhere Oxydationsstufe des Mangans sein muß als das Superoxyd — Mangansäure. Die Mangansäure hat, aus sogleich zu erwähnenden Gründen, bis jetzt noch nicht für sich dargestellt werden können, auch von ihren Salzen sind nur die von den Alkalien und den alkalischen Erden bekannt, welche auf ähnliche Weise gebildet werden wie das Kalisalz.

Das mangansaure Kali löst sich nur bei Gegenwart von freiem Kali in wenig Wasser unverändert auf; ist kein freies Kali vorhanden oder wird die Lösung mit viel Wasser verdünnt, oder schwach angesäuert, so geht ihre Farbe durch Blau und Violett in ein schönes, äußerst intensives Karmoisinroth über, während sich zugleich Mangansuperoxyd abscheidet. Letzteres kann nur durch theilweise Reduction der Mangansäure entstehen, und da kein Sauerstoff frei wird, so muß derselbe von einem anderen Theil der Mangansäure aufgenommen werden. Die rothe Flüssigkeit muß daher in Verbindung mit Kali eine Oxydationsstufe des Mangans enthalten, welche auf gleich viel Mangan mehr Sauerstoff enthält als die Mangansäure, — Uebermangansäure. Das übermangansaure Kali läßt sich beim Verdampfen seiner Lösung in dunkel purpurbraunen Krystallen, und die freie Säure aus dem festen Salze durch Einwirkung von Schwefelsäurehydrat — freilich nur unter besondern, hier nicht näher zu erörternden Vorsichtsmaßregeln — als eine dunkelrothbraune, ölige Flüssigkeit erhalten. — Vermischt man eine Auflösung von übermangansaurem Kali mit Kali, so geht, wenn die Menge des letzteren hinreicht, die Uebermangansäure wieder in Mangansäure über (während Sauerstoff abgeschieden wird), und die Flüssigkeit verwandelt ihre Farbe wieder durch Violett und Blau in Grün. Man hat die beiden Salze, mangansaures und übermangansaures Kali, wegen der Farbenwandlungen, denen sie unterliegen können, mineralisches Chamäleon (Chamaeleon minerale) genannt.

Die Uebermangansäure wird, sowohl wenn sie frei, als auch wenn sie mit Basen verbunden ist, sehr leicht zersetzt. Die reine Säure entwickelt schon von selbst bei gewöhnlicher Temperatur Sauerstoff; in wässeriger

Lösung giebt sie sowohl als freie Säure (das mit Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure versetzte Kalisalz), als auch in Verbindung mit Kali leicht Sauerstoff an oxydirbare Körper ab; sie verwandelt z. B. schweflige Säure in Schwefelsäure, Eisenoxydulsalze in Oxydsalze ꝛc. ꝛc. und wird selbst zu einer niedrigeren Oxydationsstufe des Mangans, zu Mangansuperoxyd in neutralen Flüssigkeiten, zu Manganoxydulsalz bei Gegenwart einer freien Säure. — Auch organische Körper entziehen dem übermangansauren Kali leicht Sauerstoff und scheiden Mangansuperoxyd ab, welches sich oft als brauner oder gelbbrauner Ueberzug auf denselben absetzt. (Braunfärben von Wolle, Beizen des Holzes mit einer Lösung von übermangansaurem Kali. — Die Lösung kann nicht durch Papier filtrirt werden.)

Den Braunstein nannte man früher Magnesia nigra, und das zuerst im Jahre 1774 daraus dargestellte Metall Magnesium, später Manganesium und endlich, um jede Verwechslung mit dem Radical der Bittererde zu verhüten, Manganium.*)

§. 88.

Chrom und Mangan sind nicht die einzigen Metalle, welche mit Sauerstoff starke Säuren zu bilden vermögen, Zirkonium, Titan, Tantal, Niobium, Molybdän, Vanadium und Wolfram**) verhalten sich ebenso.

*) Schon der römische Naturhistoriker Plinius beschreibt den Braunstein als ein zur Glasfabrikation benutztes Mineral und nennt ihn der Aehnlichkeit mit dem Magneteisen wegen magnes, giebt ihm aber, weil er das Eisen nicht anziehe, den Beisatz feminei sexus.

**) Zirkonium ist ein Bestandtheil des Edelsteins Zirkon (Hyacinth). — Die Metalle Titan und Tantal lösen sich in den stärksten Säuren kaum auf; man verglich deshalb ersteres, so zu sagen seiner Stärke wegen, mit den himmelstürmenden Titanen, letzteres mit dem Könige Tantalus, der im Tartarus nach seinem Tode bis an den Hals mit Wasser umgeben war, unaufhörlich durstete und doch nicht trinken konnte, weil das Wasser, so wie er ihm den Mund näherte, zurückwich. — Das dem Tantal in chemischer Beziehung ähnliche Metall Niobium hat man nach Niobe, der Tochter des Tantalus, benannt, — *Μολύβδαινα* nannten die Griechen mehrere Bleimineralien, die mit dem natürlichen Schwefelmolybdän Aehnlichkeit haben. — Vanadium stammt von Vanadis, der Göttin der Schönheit in der scandinavischen Mythologie, weil viele Lösungen des Metalls schöne Farben besitzen. — Der Name Wolfram ist zweifelsohne von Wolf abgeleitet (ältere Namen sind Wolfart, Wolfrig, lat. Lupi spuma). Früher hielt man das Mineral Wolfram für ein Zinnerz; da man aber durch Schmelzprocesse kein Zinn daraus abscheiden konnte, sondern dasselbe, wenn es mit Zinnstein verschmolzen wurde, in die Schlacke überging und Zinn dahin mit überführte, so hat man vielleicht sein Zinn raubendes Wesen mit obigem Namen bezeichnen wollen.

§. 89.

Schwefelmetalle.

In dem Vorhergehenden haben wir gesehen, wie die Metalle in ihrem Vereinigungsstreben zum Sauerstoff und dem Verhalten ihrer Oxyde von einander abweichen. Die Verwandtschaft zum Schwefel hält mit der zum Sauerstoff nicht immer gleichen Schritt. Silber z. B., welches so schwierig oxydirt wird, entzieht dem Schwefelwasserstoff schon bei gewöhnlicher Temperatur den Schwefel; Zink dagegen, welches beim Erhitzen an der Luft lebhaft Sauerstoff aufnimmt, kann selbst in der Wärme nur schwierig mit Schwefel verbunden werden.

Schwefelmetalle bilden sich im Allgemeinen:

1) Beim Zusammenschmelzen von Schwefel und Metall (Zinn §. 24, Eisen §. 68).
2) Beim Erhitzen von Metallen im Schwefelwasserstoffgase (Zinn §. 24, Silber).
3) Beim Erhitzen von Metalloxyden im Schwefelwasserstoffstrome (Eisen, Blei §. 24).
4) Beim Durchleiten von Schwefelwasserstoffgas durch aufgelöste Metallsalze (Kupfer §. 24, Quecksilber).
5) Beim Zusammenschmelzen von Schwefel und kohlensaurem Metalloxyd (Kalium §. 59).
6) Beim Erhitzen eines Gemenges von Kohle und schwefelsaurem Metalloxyd (Kalium §. 59, Natrium §. 60, Calcium).

Durch Zusammenschmelzen von Schwefel und Metall in verschiedenen Verhältnissen oder durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Salze verschiedener Oxydationsstufen der Metalle kann man mitunter verschiedene Schweflungsstufen erzeugen. — Sulfüre und Sulfide.

Die Schwefelverbindungen von Kalium, Natrium, Calcium, Baryum und Strontium sind weiße, gelbe oder rothe Körper von salzartigem Aussehen; die von Kalium und Natrium sind in Wasser leicht löslich, die von Baryum, Strontium und Calcium zerfallen mit Wasser in Oxydhydrat und eine sich auflösende Verbindung von Schwefelwasserstoff mit Schwefelmetall. Die Schwefelverbindungen der schweren Metalle haben meistens dunklere Farben und die natürlich vorkommenden (§. 25) oft ein metallisches Ansehen und sind in Wasser vollkommen unlöslich.

Schwefelgold wird durch Erwärmen bei Abschluß der Luft in Schwefel und Gold zersetzt; die meisten anderen Schwefelmetalle sind feuerbeständig. Wird aber ein Schwefelmetall an der Luft erhitzt, so oxydirt sich entweder blos der Schwefel zu schwefliger Säure, und das Metall bleibt

unverändert — Platin, Silber, — oder es oxydiren sich beide zu entweichender schwefliger Säure und Metalloxyd — Zinn —, oder endlich es entsteht neben Oxyd und entweichender schwefliger Säure Schwefelsäure, welche sich mit einem Theile des Metalloxyds verbindet — Kupfer, Blei, Eisen ꝛc. Den auf solche Weise ausgeführten Oxydationsproceß der Schwefelmetalle nennt man Röstung.

Manche Schwefelmetalle werden schon von verdünnten Säuren unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff zersetzt (Schwefeleisen, §. 24), andere nur von concentrirten; Schwefelkalium und Schwefelnatrium erzeugen schon an feuchter Luft unter dem Einfluß der Kohlensäure derselben Schwefelwasserstoff.

Behandelt man ein Schwefelmetall mit concentrirter Salzsäure, so wird, falls Zersetzung eintritt, Schwefelwasserstoff und Chlormetall gebildet, z. B. Schwefelzinn; bei Anwendung von Salpetersäurehydrat aber erzeugt sich, unter Abscheidung von Schwefel und Entwickelung von Stickoxydgas, schwefelsaures und salpetersaures Metalloxyd:

Schwefelkupfer Schwefelkupfer Salpetersäure Salpetersäure Salpetersäure Salpetersäure	+=	Schwefel + Kupfer Schwefel + Kupfer Stickoxydgas + Sauerstoff Stickoxydgas + Sauerstoff Stickoxydgas + Sauerstoff Salpetersäure	+=
Schwefel Stickoxydgas Kupfer + Sauerstoff Kupfer + Sauerstoff Schwefel + Sauerstoff Salpetersäure	+=	Schwefel Stickoxydgas Schwefelsaures Kupferoxyd Salpetersaures Kupferoxyd	

Es giebt aber auch Schwefelmetalle, welche den oxydirenden Einflüssen der Salpetersäure widerstehen, z. B. Schwefelquecksilber; durch Salpetersalzsäure (S. 77) werden jedoch alle Schwefelmetalle unter Bildung von Chloriden, Schwefelsäure und meist etwas freiem Schwefel zersetzt.

§. 90.

Legirungen.

Die meisten Metalle vereinigen sich beim Schmelzen leicht mit einander und bilden die sogenannten Legirungen. In der Regel haben letztere, was Farbe, Härte, Dehnbarkeit ꝛc. anlangt, Eigenschaften, welche zwischen denen der Bestandtheile in der Mitte liegen. Der Grad, in

welchem die Eigenschaften des Metalls durch den Zusatz eines anderen geändert werden, hängt sehr von der Größe des Zusatzes ab. Messing und Tomback (auch Rothguß genannt) bestehen beide aus Kupfer und Zink, aber schon aus der rötheren Farbe des letzteren kann man entnehmen, daß bei seiner Bereitung dem Kupfer weniger Zink zugesetzt wird, als bei der des Messings. Beide sind leichter schmelzbar als Kupfer und weniger spröde als Zink, und lassen sich daher vortheilhaft sowohl durch Gießerei, als auch durch Hämmern und Walzen bearbeiten. Der leichteren Schmelzbarkeit wegen dient eine aus Kupfer und noch mehr Zink als im Messing bestehende Legirung zum Löthen*) von kupfernen und messingenen Gegenständen (Schlagloth). In neuerer Zeit wird aus Kupfer und Zink mit Zusatz von etwas Zinn eine hochgelbe, goldähnliche Legirung zur Anfertigung gewisser Schmucksachen (Talmigold) dargestellt. Dem Verhältniß nach, in welchem dieselbe die beiden Hauptmetalle enthält, steht sie zwischen dem Messing und dem Tomback.

Glockenspeise und Kanonenmetall bestehen beide aus Kupfer und Zinn. Die erstere enthält auf gleichviel Kupfer ungefähr 2,8 mal so viel Zinn als das letztere und hat deswegen eine hellere Farbe und einen reineren Klang, aber auch eine größere Sprödigkeit.

Bronze besteht aus Kupfer, Zink, Zinn und Blei; Neusilber (Argentan) aus Kupfer, Zink und Nickel; Britanniametall aus Antimon und Zinn; Aluminiumbronze aus Kupfer und Aluminium. Christoflemetall ist eine dem Neusilber ähnliche Legirung, welche jedoch noch etwas Silber enthält und gewöhnlich versilbert wird.

*) Löthen heißt zwei Metallstücke dadurch mit einander vereinigen, daß man ein drittes, welches leichter schmilzt als jene beiden (das Loth), zwischen sie bringt und bis zum Schmelzen des letzteren erhitzt. Nach dem Erstarren haftet das Loth an den beiden nicht geschmolzenen Metallstücken fest, vorausgesetzt, daß die Stellen, wo es dieselben berührt, während des Löthens von Oxyd frei waren. Um Oxyd, welches die zu löthenden Metalle überzieht oder während des Erhitzens entsteht, zu entfernen, überstreicht man sie mit verdünnter Salzsäure oder überstreut sie mit Borax- oder Kolophoniumpulver, von denen das erstere als saures Salz, nachdem es geschmolzen ist, das Oxyd wegnimmt, letzteres durch seinen Gehalt an Kohlenstoff gebildetes Oxyd reducirt. (Anwendung von Salmiak zum Löthen, s. unten §. 116.) — Man löthet Eisen mit Zinn, mit Schnellloth (Legirung von Zinn und Blei), mit Schlagloth und mit Kupfer, Zink mit Zinn und mit Schnellloth, Kupfer und Messing mit Zinn, mit Schnellloth und mit Schlagloth, Zinn und Blei mit Schnellloth, Silber mit Silberloth (einer Legirung von Silber, Zink und Kupfer), seltener mit Zinn, Gold mit Goldschlagloth (einer Legirung von Gold, Silber und Kupfer), seltener mit Zinn, Platina mit Gold ꝛc.

Bisweilen werden die Eigenschaften eines Metalles schon durch einen sehr geringen Zusatz eines anderen bedeutend geändert. Gold mit Silber oder Kupfer, und Silber mit Kupfer legirt werden weit härter und dauerhafter, weswegen beide Metalle nur im legirten Zustande zu Münzen und Geräthschaften verarbeitet werden.

Zinn mit etwas Blei legirt verliert an Sprödigkeit und läßt sich leichter bearbeiten, weshalb man zur Anfertigung der sogenannten Zinngeschirre in der Regel eine Legirung von Zinn (5 Th.) und Blei (1 Th.) anwendet.

Es kommt auch vor, daß die Eigenschaften einer Legirung nicht zwischen denen der Bestandtheile liegen. Eine aus Wismuth, Blei und Zinn bestehende Legirung z. B. schmilzt (bei 94°) leichter als jedes der Metalle für sich, und eine noch leichter schmelzbare Legirung läßt sich aus Cadmium, Blei und Wismuth (82°) oder aus Cadmium, Blei, Wismuth und Zinn (65°—71°) zusammensetzen.

Die Verbindungen der Metalle mit Quecksilber werden Amalgame genannt; sie lösen sich in überschüssigem Quecksilber leicht auf (Zinnamalgam = Metall für Spiegelbelegung). — Platina und Eisen vereinigen sich direct nicht mit Quecksilber.

Wenn ein Metall in eine Legirung eintritt, so behält es seine chemischen Eigenschaften unverändert bei; so setzt Messing in feuchter Luft ebenso gut Grünspahn an wie Kupfer und beim Schmelzen an der Luft bildet es Kupferoxyd und Zinkoxyd.

§. 91.

Geschichtliches.

Einige Metalle, welche in der Natur in reinem Zustande hin und wieder gefunden werden, wie z. B. Kupfer, Silber, Gold, Quecksilber, waren schon den ältesten Völkern bekannt. Die ersteren drei lassen sich durch einfache Schmelz- oder Schmiedeprocesse leicht in verschiedene Formen bringen und konnten daher schon von jenen zur Anfertigung verschiedener Geräthschaften verwandt werden. Eisen gehörte zu Homers Zeiten noch zu den seltenern und darum zu den geschätzteren Metallen. Auch Blei und Zinn, welche fast nur in chemischen Verbindungen in den sogenannten Erzen vorkommen, sind im Alterthume wohl erst später bekannt geworden, als sich gewisse chemische Kenntnisse, welche zu deren Abscheidung erforderlich sind, ziemlich allgemein ausgebreitet hatten. Wismuth und Zink werden zuerst von Schriftstellern des 15., beziehungsweise 16. Jahrhunderts erwähnt. Platina wurde 1741 zuerst nach Europa gebracht und

die das Platina meistens begleitenden Metalle, deren Vorkommen auf einzelne, erst in der neueren Zeit genauer durchforschte Länder (Ural und Columbien) beschränkt ist, wurden erst im Laufe unseres Jahrhunderts entdeckt. Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan lehrte ebenfalls erst in den beiden letzten Jahrhunderten die weiter vorgeschrittene Wissenschaft richtig erkennen und von den übrigen Metallen isolirt darstellen; und daß Körper wie die Erden und Alkalien, die sich ihrem Aeußeren nach so vollständig von den Metallerzen unterscheiden, Metalle enthalten, ist erst vor etwa 60 Jahren durch die Darstellung derselben zu beweisen gelungen. — Neue Entdeckungen, zu welchen die sich immer mehr im Inneren ausbildende und nach Außen erweiternde wissenschaftliche Chemie Veranlassung giebt, haben endlich noch in unseren Tagen eine Anzahl bis dahin unbekannter Metalle kennen gelehrt, weswegen wir die Erwartung hegen müssen, daß in Zukunft noch eine größere Anzahl aufgefunden werden wird, von deren Existenz wir jetzt nichts ahnen.

Organische Chemie.

Organische Chemie.

§. 92.

Wasser in den natürlichen organischen Körpern.

Erhitzt man irgend einen Theil einer lebenden Pflanze oder eines frisch getödteten Thieres in einer Retorte, so tritt, sobald die Temperatur einen gewissen Grad erreicht hat, eine weit gehende Zersetzung ein, welche sich dadurch kund giebt, daß die Substanz eine dunklere, braune bis schwarze Färbung annimmt. Allein lange ehe dieser Temperaturgrad erreicht ist, sammelt sich in einer an die Retorte angefügten Vorlage reines Wasser an, welches dem organischen Körper mechanisch eingemengt war. Alle frischen Pflanzen- und Thierstoffe enthalten eine große Menge solchen Wassers.

Unterwirft man Säfte aus organischen Körpern, z. B. Blut, den gelben Saft des Schöllkrautes, Milch, Obstsäfte mit der nöthigen Vorsicht einer solchen Destillation, so erhält man ebenfalls Wasser, und in der Retorte bleibt ein Körper zurück, der die charakteristischen Eigenschaften des angewandten Saftes besitzt. Alle diese Säfte sind also Auflösungen (oder Aufschwemmungen) eigenthümlich schmeckender, färbender, riechender &c. Körper in Wasser.

Die Wassermenge, welche ein Thier oder eine Pflanze enthält, ist übrigens nicht in allen ihren Theilen, bei Pflanzen auch nicht in allen Jahreszeiten, gleich groß. Die saftigen Früchte enthalten mehr als der Baumstamm, die Fleischtheile der Thiere mehr als ihre Häute; — im Frühjahr sind die Bäume am reichsten, im Winter am ärmsten an Saft. Frisch geschlagenes Holz enthält im Durchschnitt zwischen 20 und 50, Menschenblut 77 bis 81, Fleisch ungefähr 77 und Milch 86 bis 90 Procent Wasser.

§. 93.

Stickstofffreie Körper und ihre Zersetzung durch höhere Temperatur.

Trockene Destillation des Holzes. Unterwirft man Holz, Sägespähne, welche durch Trocknen in erhöhter Temperatur von allem eingemengten Wasser befreit worden sind, in einer Retorte mit abgekühlter Vorlage und Gasleitungsrohr der trockenen Destillation (S. 66), so destillirt eine neue Quantität von Wasser über, während die Sägespähne zugleich eine dunklere Farbe annehmen. Dieses Wasser muß aus den Bestandtheilen des Holzes, in Folge einer Zersetzung desselben neu gebildet, sein. Es entstehen aber noch mehrere Producte, unter anderen einige Gasarten, die man nach §. 40 und §. 42 leicht als Kohlensäure, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff erkennt.

Das bei der trockenen Destillation des Holzes überdestillirende Wasser ist nur zu Anfang rein; sehr bald gehen Körper mit über, welche ihm eine dunklere Farbe und saure Reaction mittheilen. Ist die Destillation beendigt, so hat man in der Vorlage zwei nicht mit einander vermischbare Flüssigkeiten, eine braun gefärbte, sauer reagirende, wässerige Flüssigkeit — rohe Holzsäure — und eine ölige, dunkelbraun oder schwarz gefärbte — Holztheer —, und in der Retorte ist eine Kohle, die die äußere Gestalt der Sägespähne noch beibehalten hat, zurückgeblieben. Letztere hinterläßt beim Verbrennen im Sauerstoffgase oder unter lebhaftem Luftwechsel einen, hauptsächlich aus kohlensaurem Kali, kohlensaurer Kalkerde und Kieselerde (§. 59), außerdem aber noch aus anderen Salzen (schwefelsaurem Kali, phosphorsaurer Kalkerde, Chlornatrium ꝛc.) bestehenden Rückstand — Asche*).

Lösungsmittel, wie Wasser, verdünnte Säuren ꝛc. nehmen aus den Sägespähnen von den zuletzt erwähnten anorganischen Salzen auf, was uns zu dem Schlusse berechtigt, daß dieselben in dem Holze mit der eigentlichen organischen Substanz mechanisch gemengt sind.

Wie das Holz sind nun alle Theile von Pflanzen und Thieren mechanische Gemenge von Wasser, der eigentlichen — meistens wieder sehr complicirt zusammengesetzten — organischen Substanz und anorganischen Salzen.

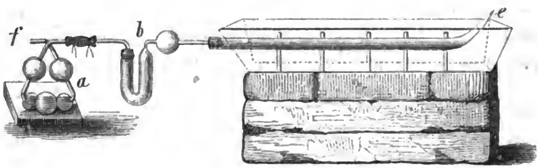
*) Die trockene Destillation des Holzes wird technisch benutzt zur Darstellung von Leuchtgas (in holzreichen Gegenden), ferner von Holzsäure und Holztheer, welche, wie wir später sehen werden, das Material für viele nutzbare Substanzen abgeben, hauptsächlich aber zur Gewinnung von Holzkohle. — Vergleichung zwischen der trockenen Destillation des Holzes und der der Steinkohlen und Braunkohlen. (S. 66.)

§. 94.

Verbrennung mit Kupferoxyd. Die trockene Destillation einer großen Anzahl organischer Körper verläuft ganz ähnlich wie die der Sägespähne. Die dabei entstehenden Gase, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff ꝛc. und das Wasser, sowie die zurückbleibende Kohle beweisen in allen solchen Fällen, daß die organische Substanz Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff enthält. Die eigenthümlichen flüssigen Producte, welche dabei außerdem noch auftreten, veranlassen jedoch die Frage aufzuwerfen, ob in der Substanz nicht noch andere Elemente vorhanden sind. Zur Beantwortung dieser Frage zeigt sich folgender Versuch sehr geeignet.

Mengt man z. B. vollkommen getrockneten, pulverisirten Zucker mit Kupferoxyd, bringt man das Gemenge in den hinteren Theil einer am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre e, Fig. 22, welche vorn mit reinem Kupferoxyd

Fig. 22.



gefüllt wird, fügt man dann mittels eines Korkstopfens und Kautschukröhrchens ein leeres Glasrohr b und den mit Kalkwasser gefüllten Kugelapparat a (vgl. Fig. 15, S. 63) an das Rohr e, und erhitzt letzteres endlich durch nebengelegte glühende Kohlen oder durch Gasflammen allmälig von vorn nach hinten, so sammelt sich in dem leeren Rohre b Wasser an, und durch den Kugelapparat a drängen sich Gasblasen, deren jede einen Niederschlag von kohlensaurer Kalkerde erzeugt. Die Masse in e löst sich nach vollendeter Zersetzung des Zuckers nicht mehr vollständig in verdünnter Schwefelsäure auf, sondern es bleibt metallisches Kupfer zurück, welches seinen Sauerstoff zur Bildung von Kohlensäure und von Wasser abgegeben haben muß.

Es geht daraus hervor, daß bei dieser Verbrennung des Zuckers mit Kupferoxyd Wasser und Kohlensäure entstehen, und wird dadurch die Anwesenheit von Kohlenstoff und Wasserstoff in dem Zucker bestätigt. Aendert man nun den Versuch so ab, daß man das Rohr b nicht leer läßt, sondern zur Absorption alles gebildeten Wassers mit Chlorcalcium und den Kugelapparat a zur vollständigen Aufnahme der Kohlensäure mit

starker Kalilauge füllt, so tritt bei f kein Gas mehr aus. Daraus folgt, daß bei diesem Versuche außer Kohlensäure und Wasser nichts entsteht.

Geht aus den bei der trockenen Destillation eintretenden Erscheinungen hervor, daß der Zucker Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, so zeigt seine Verbrennung mit Kupferoxyd:

1) daß er nur diese Elemente und
2) daß er weniger Sauerstoff enthält, als nöthig ist, um allen Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlensäure und Wasser zu oxydiren.

§. 95.

Analysen anderer organischer Substanzen. Nach der in §§. 93 u. 94 abgehandelten Methode kann man die Zusammensetzung aller festen organischen Körper erforschen, sowohl derjenigen, welche die Natur uns unmittelbar darbietet, als auch derjenigen, welche künstlich aus den natürlichen gewonnen werden.

Um die flüssigen organischen Körper auf ihre Bestandtheile zu prüfen, muß man jedoch sehr oft auf die Anwendung der trockenen Destillation verzichten, weil viele organische Flüssigkeiten in der Wärme gasförmig werden. — Ob Sauerstoff in einer solchen Flüssigkeit vorhanden ist, läßt sich dann meist am besten dadurch entscheiden, daß man untersucht, ob sie Kaliummetall oxydirt oder nicht. Diejenigen Flüssigkeiten, welche dies thun, enthalten Sauerstoff; diejenigen, welche es nicht thun, enthalten keinen.

Den Nachweis, daß eine solche Substanz Kohlenstoff und Wasserstoff enthält, so wie die Untersuchung darüber, ob sie nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, führt man unter Anwendung der Verbrennung mit Kupferoxyd, muß jedoch dabei die Flüssigkeit in ein kleines Gläschen füllen, dieses in den hinteren Theil des Verbrennungsrohrs (e Fig. 22) schieben, eine recht lange Lage von Kupferoxyd davorlegen und letztere erst vollständig zum Glühen bringen, ehe man den hinteren Theil des Verbrennungsrohrs erhitzt. Diese Vorsicht ist nöthig, damit die Flüssigkeit, im Falle sie flüchtig ist, nicht eher gasförmig wird, als bis ihr Gas mit einer glühenden Kupferoxydmasse zusammentreffen kann, welche darauf gerade so zersetzend einwirkt, wie es im §. 94 geschildert worden ist.

§. 96.

Stickstoff- und schwefelhaltige Substanzen und deren Verbrennung.

Es giebt organische Substanzen, welche, wenn sie nach Anleitung der §§. 93 bis 95 auf ihre Bestandtheile untersucht werden, im Allgemeinen dieselben Resultate liefern wie das Holz und der Zucker, so daß die Gegen-

wart von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in ihnen leicht erkannt wird, welche aber außerdem noch andere Elemente enthalten.

Verbrennt man z. B. getrocknetes Fleisch mit Kupferoxyd unter Anwendung von Chlorcalcium und Kalilauge zur Absorption des Wassers und der Kohlensäure, so entweicht aus dem Kaliapparat (Fig. 22 bei f) Stickstoff, welches Element demnach Bestandtheil des Fleisches sein muß.

Bringt man Fleisch, welches, um die darin enthaltenen anorganischen Salze zu entfernen, mit verdünnter Säure behandelt und wieder getrocknet worden ist, in schmelzenden Salpeter, so findet eine lebhafte Verbrennung statt. Wird nach deren Beendigung die erkaltete Masse in verdünnte Salzsäure gebracht, so löst sie sich auf, während Kohlensäure entweicht, und die Auflösung erzeugt mit einer solchen von Chlorbaryum einen starken weißen Niederschlag von schwefelsaurer Baryterde. Die durch Schmelzen mit Salpeter erhaltene Masse enthält also kohlensaures und schwefelsaures Kali und das Fleisch muß daher außer Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff noch Schwefel enthalten. (Bei der Verbrennung des Fleisches mit Salpeter oxydirt die Salpetersäure, außer Sauerstoff und dem gasförmig entweichenden Stickstoff, alle Elemente, den Wasserstoff zu ebenfalls gasförmig fortgehendem Wasser, den Kohlenstoff zu Kohlensäure und den Schwefel zu Schwefelsäure, welche Säuren mit dem Kali, das durch Zerstörung der Salpetersäure disponibel geworden ist, sich vereinigen).

Aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel sind die Körper der Pflanzen und Thiere vorzugsweise zusammengesetzt, und nur in einigen wenigen organischen Substanzen sind, wie wir später zeigen wollen, noch geringe Mengen von Eisen vorhanden. Es giebt keinen Bestandtheil von Pflanzen und Thieren, welcher nicht Kohlenstoff enthält, nur sehr wenige, die blos aus Kohlenstoff und Wasserstoff, viele aber, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, wenige wieder, welche neben den drei letzten Elementen nur noch Stickstoff enthalten, dagegen wieder zahlreiche, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel bestehen. Nur aus Kohlenstoff und Stickstoff oder nur aus Wasserstoff und Stickstoff bestehende Substanzen kommen in der organischen Natur nicht vor; dagegen kann man künstlich aus organischen Substanzen Körper dieser Zusammensetzung erzeugen.

§. 97.

Quantitative organische Analyse.

Oft ist es von großem Interesse zu wissen, welche Mengen der einzelnen Elemente in einem organischen Körper enthalten sind. Um dies zu

erfahren, braucht man nur bei seiner Verbrennung mit Kupferoxyd die angewandte Substanz, das Chlorcalciumrohr und den Kaliapparat, die beiden letzteren vor und nach der Verbrennung, zu wiegen; jedoch muß man vorher sowohl das Verbrennungsrohr wie das Kupferoxyd mit großer Sorgfalt durch Wärme vollständig trocknen und letzteres noch warm in ersteres einfüllen.

Man findet so das Gewicht des Wassers und der Kohlensäure, welche sich bei der Verbrennung bilden, und berechnet daraus nach §§. 19 u. 41 den Gehalt an Wasserstoff und Kohlenstoff in der verbrannten Substanz. Bei Substanzen, welche nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, ergiebt sich dann die Menge ihres Sauerstoffs aus dem Unterschied ihres Gesammtgewichtes und des vom Kohlenstoff und Wasserstoff.

Der Stickstoff läßt sich leicht in einem eingetheilten Glasgefäße aufsammeln und dem Volumen nach messen.

Für die Bestimmung der Mengen des Schwefels und des Eisens, welche ein organischer Körper enthält, dienen die schwefelsaure Baryterde, die man nach §. 96 daraus darstellen kann, beziehungsweise seine Asche als Anhaltspunkte. Das Ausführlichere hierüber wird später gelehrt werden.

Erste Gruppe:

Fette.

---

§. 98.

Es ist bekannt, daß die Mandeln (Amygdalus), der fleischige Theil der Steinfrucht des Olivenbaumes (Olea europaea), der Samen der Buche (Fagus), der Rübsamen (Brassica rapa und napus), die Wallnüsse (Juglans regia), der Samen der Leinpflanze (Linum usitatissimum), des Mohns (Papaver somniferum) und eine Menge anderer Pflanzensamen beim Auspressen flüssige Fette liefern. Dieselben sind geschmacklose, meist etwas gelb gefärbte, mit Wasser nicht mischbare, in siedendem Alkohol sehr schwer, in Aether leicht lösliche Flüssigkeiten, welche Papier, wenn es damit getränkt wird, durchscheinend machen.

Leinöl, Wallnußöl und Mohnöl trocknen, wenn sie der Einwirkung der Luft ausgesetzt sind, zu gelben, durchsichtigen, butterartigen Körpern ein*). Die anderen trocknen nicht ein, nehmen aber einen widrigen Geruch und Geschmack an und beginnen sauer zu reagiren; — sie werden ranzig. — Füllt man über Quecksilber eine Glasglocke mit Sauerstoffgas und läßt man etwas von einem Oele dazu in die Höhe steigen, so sieht man in dem Maße, als das Oel eintrocknet oder ranzig wird, das Sauerstoffgas verschwinden. Bisweilen absorbirt dabei ein Oel sein 100faches Volumen Sauerstoff. — Wenn ein Fett mit sehr ausgedehnter Oberfläche, z. B. ausgebreitet auf Wolle oder Baumwolle (auf zum Reinigen fettiger Gegenständen gebrauchten Putzlappen), der Luft dargeboten wird, so kann die Absorption des Sauerstoffs so rasch stattfinden, daß eine Temperaturerhöhung eintritt, welche Entzündung zur Folge hat.

Die Früchte mancher Palmenarten liefern beim Auspressen in der Wärme eigene, bei gewöhnlicher Temperatur eine butterartige Consistenz annehmende Fettarten, welche jedoch, wenn sie in der Wärme geschmolzen sind, schon äußerlich in nichts von den eigentlichen Oelen abweichen. — Palmöl und Cocosbutter.

Auch im Thierreiche kommen bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Fette vor (Thran der Wallfische, Seehunde ꝛc., Leberthran der Haifische, Dorsche ꝛc.), weit häufiger jedoch werden bei gewöhnlicher Temperatur feste, in der Wärme schmelzende Fette in den Thieren (Talg und Schmalz) gefunden.

Die Verbreitung der Fette im Pflanzen- und Thierreich ist eine außerordentlich große. Wenn auch einzelne Pflanzentheile (hauptsächlich die Samen) und diese wieder in einzelnen Pflanzenfamilien daran besonders reich sind, so fehlen die Fette doch keiner Pflanze, und es giebt wahrscheinlich keinen Pflanzentheil, der nicht wenigstens Spuren davon enthält. Auch im Thierkörper finden sie sich in allen Organen, Flüssigkeiten und den meisten Ausscheidungsstoffen, während sie freilich in manchen (im Bindegewebe unter der Haut, im Gehirn, im Netz der Bauchhöhle, im Mark der Knochen, in der Milch) vorzugsweise angehäuft sind.

Alle Fette sind leichter als Wasser.

In einer unter 300° liegenden Temperatur bleiben die Fette unverändert, nur daß die vorher festen in dieser Temperatur stets flüssig erscheinen. In

*) In dünnen Lagen werden sie fest und zähe. Auf diesem Umstand beruht die Anwendung des Leinöls als Firniß und eines Gemenges desselben mit gefärbten anorganischen Substanzen, z. B. Bleiweiß, Mennige, Eisenoxyd ꝛc. als Oelfarbe.

höherer Temperatur aber unterliegen sie der Zersetzung und es wird eine Reihe neuer Körper daraus gebildet. Geschieht die Erhitzung in einer Retorte mit Vorlage, so sammeln sich in dieser flüchtige, leicht brennbare Substanzen an, welche die Ursache sind, daß stark erhitztes Fett so leicht in Brand geräth. Kein Fett kann, ohne eine Zersetzung zu erleiden, gasförmig werden.

Läßt man ein flüssiges Fett in ein glühendes Rohr fließen, so zersetzt es sich unter Abscheidung von Kohle und Entwickelung von Gasen, welche viel Leuchtgas enthalten, ein Umstand, der hin und wieder zur Darstellung dieses Gases benutzt wird.

§. 99.

Einfache Fette.

Jedes der natürlichen Fette läßt sich wieder in zwei verschiedene Bestandtheile, einen bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen und einen erst in höherer Temperatur schmelzbaren, zerlegen. Diese neuen Körper besitzen im Allgemeinen durchaus die Charaktere von Fetten, sie sind aber mitunter, die festen sogar in der Regel, abermals Gemenge einfacher Fette, in denen jedoch stets eins besonders vorwaltet. Werden z. B. größere Massen Talg geschmolzen und bis zu einer Temperatur von etwa 38° erkalten gelassen, so scheiden sich in der Flüssigkeit kleine weiße Krystalle in solcher Menge ab, daß die ganze Masse in eine Art von Brei verwandelt wird, den man in Tücher einschlägt und unter einer Presse vom größten Theil der daran haftenden Flüssigkeit befreit. Die in den Tüchern zurückbleibende, feste Substanz nennt man Stearin (στέαρ, Talg).

Die ausgepreßte Flüssigkeit wird hierbei fast ganz in die Tücher eingesaugt; beim Eintragen der letzteren in warmes Wasser tritt sie wieder daraus aus und begiebt sich an die Oberfläche der Flüssigkeit, ohne sich damit zu vermischen; sie heißt Olein (oleum, Oel).

In ähnlicher Weise gelingt die Trennung der flüssigen von den festen Bestandtheilen bei allen natürlichen Fetten, bei den flüssigen, nachdem sie vorher bis zu sehr niedriger Temperatur abgekühlt worden sind, in welcher sie alle eine breiförmige Consistenz annehmen.

Aus dem Palmöl erhält man bei dieser Behandlung dasselbe Olein, welches der Talg liefert, allein ein vom Stearin bestimmt verschiedenes festes Fett, das Palmitin.

Die so gewonnenen einfachen Fette sind aber, wie bereits bemerkt, noch keineswegs rein. Das Stearin z. B. enthält außer Olein auch noch Palmitin. Am leichtesten erhält man es im reinen Zustande, wenn man Talg mit kaltem Aether behandelt, welcher das Olein und das Palmitin,

nicht aber das Stearin auflöst. Wird letzteres sodann mit Aether zum Sieden erhitzt, so geht es auch in Lösung und scheidet sich beim Erkalten in Form von feinen, weißen, geruch- und geschmacklosen Blättchen aus. — Das rohe Palmitin enthält neben Olein noch eine freie Säure (Palmitinsäure s. u.). Löst man dasselbe in kochendem Weingeist auf, so krystallisirt beim Erkalten reines Palmitin aus. Durch Umkrystallisiren aus ätherischer Lösung kann es vollständig gereinigt werden. — Zur Darstellung reinen Oleins scheidet man aus Olivenöl bei 0° Stearin und Palmitin aus, löst die erhaltene Flüssigkeit in Alkohol, kühlt abermals auf 0° ab, worauf noch weitere Portionen Palmitins auskrystallisiren, und versetzt die von letzterem getrennte Lösung mit Wasser. Dabei scheidet sich das Olein als eine Oelschicht auf der Flüssigkeit ab.

Stearin, Palmitin und Olein unterscheiden sich äußerlich nur durch ihre verschiedene Schmelzbarkeit. Das letztere erstarrt erst unter 0°, während Palmitin erst bei 48° und Stearin bei 62° zu Flüssigkeiten schmelzen, welche dem Olein ebenso ähnlich sind wie geschmolzener Talg einem flüssigen Oele.

Stearin, Palmitin und Olein sind ebenfalls leichter als Wasser und darin vollständig unlöslich.

§. 100.

Glycerin.

Wird Stearin mit einer Auflösung von überschüssigem Aetzkali einige Zeit gekocht, so verwandelt es sich in einen festen, weißen, seifenartig schlüpfrigen Körper, der bei Anwendung von überschüssigem Aetzkali ungelöst bleibt und auf der Flüssigkeit schwimmt.

Wird die davon getrennte Flüssigkeit mit verdünnter Schwefelsäure genau neutralisirt und bis zur Syrupsconsistenz abgedampft, so scheidet sich viel schwefelsaures Kali ab, während eine süß schmeckende Mutterlauge zurückbleibt, die sich mit Hinterlassung einer geringen Menge schwefelsauren Kalis in Alkohol auflöst und nach dem Verdampfen alles Alkohols einen farblosen, süß schmeckenden Syrup, Oelsüß, Glycerin (γλυκύς süß), bildet.

Das Glycerin besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, es wird bei —40° gummiartig und beinahe fest, bei 275° destillirt es zum Theil in eine abgekühlte Vorlage unverändert über, ein großer Theil zersetzt sich jedoch dabei in Producte, unter denen sich eine flüchtige Flüssigkeit befindet, deren Dampf einen eigenthümlichen, äußerst scharfen, die Augen zu Thränen reizenden Geruch besitzt, — Acrolein (acer, scharf,

und oleum, Oel). Dieser Geruch ist so stark und durchdringend, daß er ein gutes Mittel abgiebt, selbst sehr kleine Mengen Glycerins in Fetten, die davon befreit sein sollen, z. B. in käuflicher Stearinsäure (s. u.), durch starkes Erhitzen derselben aufzufinden. (Geruch ausgeblasener Talglichter.) — Mit Wasserdämpfen ist das Glycerin leicht destillirbar, in Wasser löst es sich in jeder Menge auf.

Vermischt man auf —10° abgekühltes Salpetersäurehydrat mit Glycerin und fügt man alsdann Schwefelsäurehydrat zu der Mischung, so scheidet sich auf derselben eine Oelschicht ab, welche beim Kochen mit concentrirter Kalilauge in Glycerin und salpetersaures Kali zerfällt. Es geht hieraus hervor, daß das Oel salpetersaures Glycerin ist, sowie daß das Glycerin sich mit Säuren verbinden kann und demnach eine Basis ist. — Das salpetersaure Glycerin nimmt in niedriger Temperatur den festen Aggregatzustand an; es wird beim Erhitzen und auch durch Stoß oder Schlag mit äußerst heftiger Explosion zersetzt (Nobel'sches Sprengöl).

§. 101.

Stearinsäure.

Wird der seifenartige, feste Körper, welcher aus Stearin beim Kochen mit Aetzkali entsteht (§. 100), in kochende verdünnte Salzsäure gebracht, so wird er zersetzt, es scheidet sich auf der Flüssigkeit ein farbloses Oel ab und Chlorkalium geht in Lösung. Das Oel erstarrt beim Erkalten zu einer krystallinischen, perlmutterglänzenden Masse, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, bei 69°,2 schmilzt, im geschmolzenen Zustande Lackmuspapier röthet, von kochendem Alkohol aufgelöst wird und beim Erkalten in glänzenden weißen Schuppen daraus auskrystallisirt. — Stearinsäure oder Talgsäure. Kleine Mengen der Säure lassen sich unzersetzt destilliren, bei Anwendung größerer Mengen wird ein großer Theil zersetzt.

Die Stearinsäure eignet sich besser als Talg zur Anfertigung von Kerzen, weil ihr höherer Schmelzpunkt das seitliche Abfließen des geschmolzenen Fettes erschwert. Sie wird daher für diesen Zweck fabrikmäßig dargestellt.

Der erwähnte seifenartige neutrale Körper muß eine chemische Verbindung von Stearinsäure mit Kali, stearinsaures Kali sein, und in der That entsteht derselbe Körper, wenn Stearinsäure mit Kalilauge erwärmt wird; ja die Stearinsäure vermag sogar kohlensaures Kali zu zersetzen, wenn sie mit einer Auflösung desselben gekocht wird.

In 10 bis 20 Gewichtstheilen siedenden Wassers löst sich 1 Gewichtstheil stearinsaures Kali (oder Natron) unverändert auf. In Wasser, welches freies Alkali oder Salze (Chlornatrium, Chlorkalium ꝛc.) enthält, sind die stearinsauren Alkalien jedoch unlöslich, weshalb sie sich auch beim Kochen des Stearins mit überschüssiger Kali- oder Natronlauge in ungelöster Form abscheiden. —

Wird mit einer Lösung von stearinsaurem Kali eine Lösung von Chlorcalcium so lange vermischt, als noch ein Niederschlag entsteht, so enthält die davon getrennte Flüssigkeit nur Chlorkalium aufgelöst. Der Niederschlag, der eine pulverförmige weiße Masse darstellt, muß daher stearinsaure Kalkerde sein; und wirklich liefert er mit verdünnter Salzsäure in der Wärme Chlorcalcium und ein auf der Flüssigkeit schwimmendes Oel, welches beim Erkalten sich als reine Stearinsäure documentirt.

Schmilzt man 21 Gewichtstheile Bleioxyd mit 100 Gewichtstheilen Stearinsäure zusammen, so erhält man eine leicht fließende, durchscheinende Masse, in welcher die einzelnen Bleioxydkörnchen nicht mehr wahrzunehmen sind. Beim Erstarren bildet dieselbe ebenfalls einen homogenen Körper; sie muß daher eine chemische Verbindung von Stearinsäure und Bleioxyd sein.

Die Stearinsäure hat demnach wirklich alle Eigenschaften einer Säure. Die Verbindungen derselben mit den alkalischen Erden und den Oxyden der schweren Metalle bilden sich alle als unlösliche Niederschläge beim Vermischen einer Lösung eines stearinsauren Alkalis mit einer solchen eines löslichen Salzes der betreffenden Basis, wie Chlorbaryum, schwefelsaures Kupferoxyd, salpetersaures Bleioxyd ꝛc. ꝛc.

Glüht man ein stearinsaures Salz an der Luft, so wird es zersetzt und es bleibt bei den alkalischen Salzen kohlensaures Alkali, bei den Salzen von Blei-, Kupferoxyd ꝛc. reines Oxyd zurück, ein Umstand, welcher es leicht möglich macht, die Menge des Kupferoxyds, also auch die der Stearinsäure in dem Salze zu bestimmen.

Mittelt man nun durch Verbrennen mit Kupferoxyd den Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einer bestimmten Menge Stearinsäure (nach §. 97) und in gleicher Weise im stearinsauren Kupferoxyd aus, so findet man, daß die Säure in letzterem Salze, nach Abzug des Kupferoxyds, auf gleichviel Kohlenstoff weniger Wasserstoff und Sauerstoff enthält als die freie Säure, und zwar stehen diese fehlenden Mengen der beiden letztgenannten Elemente genau in dem Verhältnisse, in welchem sie Wasser bilden. Daraus folgt also, daß die Stearinsäure Wasser

enthält, welches aus ihrer Zusammensetzung austritt, wenn sie sich mit einer Basis verbindet, d. h. daß die Stearinsäure ein Säurehydrat ist. Wasserfreie Stearinsäure konnte bis jetzt nicht rein dargestellt werden.

Aetzkali zerlegt also das Stearin in zwei Körper, Stearinsäure und Glycerin, von welchem letzteren wir oben sahen, daß es in seinem Verhalten den Salzbasen gleichkommt, und hieraus müssen wir schließen, daß Stearin ein wirkliches Salz, stearinsaures Glycerin, ist. Es läßt sich dieses Salz auch aus Glycerin und Stearinsäure erhalten, wenn man ein Gemenge beider mehrere Stunden lang in einer Temperatur von 270° erhält. Es wird hierbei außer Stearin Wasser gebildet, und zwar beträgt die Menge des letzteren mehr als das Hydratwasser, welches die in die Verbindung eingegangene Stearinsäure abgeben kann. Ein Theil dieses Wassers muß demnach aus dem Glycerin abstammen, letzteres muß daher ebenfalls Wasser enthalten, welches bei der Salzbildung abgeschieden wird, d. h. es muß das Hydrat einer Basis sein. Die wasserfreie Basis hat bisher nicht dargestellt werden können. Im Stearin ist dieselbe übrigens in Verbindung mit wasserfreier Stearinsäure enthalten; wird sie aus dieser Verbindung durch Kalilauge ausgeschieden, so nimmt sie gleich der Stearinsäure Hydratwasser auf.

§. 102.

Oelsäure.

Auf Olein wirkt Aetzkali in ganz ähnlicher Weise ein wie auf Stearin; es entsteht bei überschüssigem Kalizusatz ebenfalls ein seifenartiger Körper, während in der Flüssigkeit dasselbe Glycerin zurückbleibt, welches aus Stearin durch Kali erhalten wird. Dieser seifenartige Körper wird ebenso wie das stearinsaure Kali durch verdünnte kochende Salzsäure in aufgelöstes Chlorkalium und eine auf der Lösung schwimmende ölige, farblose Flüssigkeit zersetzt. Letztere erstarrt bei 4° zu einer krystallinischen Masse, welche erst bei 14° wieder schmilzt. Lackmuspapier wird von der Flüssigkeit nicht geröthet. — Oelsäure oder Oleinsäure.

Olein ist ölsaures Glycerin.

§. 103.

Palmitinsäure.

Palmitin kann nach demselben Verfahren, welches in §§. 100 und 101 gelehrt worden ist, in Glycerin und eine fette Säure, Palmitinsäure, zersetzt werden, welche in allen Beziehungen der Stearinsäure in

hohem Grade ähnlich ist, nur daß sie einen niedrigeren Schmelzpunkt (62°) und eine andere Zusammensetzung besitzt (zwar ebenfalls aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, allein auf gleich viel Sauerstoff weniger von den beiden anderen Elementen enthält). Palmitin ist palmitinsaures Glycerin. — Die Palmitinsäure kommt neben Palmitin und Olein im Palmöl im freien Zustande vor. (S. 145.)

Oleinsäure und Palmitinsäure sind ebenso wie die Stearinsäure Hydrate, die wasserfreien Säuren sind unbekannt.

§. 104.

Andere Bestandtheile von Fetten.

Es wurde bereits (S. 144) erwähnt, daß die natürlichen Fette der Hauptsache nach Gemenge von Stearin, Palmitin und Olein in verschiedenen Verhältnissen sind. Ihre größere oder geringere Neigung, durch Wärme flüssig zu werden, ist natürlich durch den größeren oder geringeren Gehalt an Olein bedingt; so enthalten die flüssigen Oele mehr davon als die Schmalzarten, letztere mehr als die Talgarten, und unter diesen Rindertalg mehr als Hammeltalg. Einzelne der genannten Fette enthalten auch noch geringere Mengen anderer Glycerinverbindungen. Die Butter z. B. enthält eine solche, deren Säure, Buttersäure, flüssig ist und bei 157° siedet. Unter dem Einfluß von aus der Milch abstammenden Stoffen zersetzt sich das Glycerin des buttersauren Glycerins leicht, wobei die Buttersäure in Freiheit tritt, ein Vorgang, der im gewöhnlichen Leben mit dem Ranzigwerden der Butter bezeichnet wird. Entfernt man aus derselben nach vorsichtigem Schmelzen die darin noch enthaltenen Milchbestandtheile durch Auswaschen mit warmem Wasser, so kann man dem Ranzigwerden vorbeugen. (Auslassen der Butter.)

§. 105.

Seifen und Pflaster.

Die stearinsauren, palmitinsauren und oleinsauren Salze der Alkalien sind, wie bereits oben erwähnt wurde, in Wasser löslich, unlöslich oder schwerlöslich dagegen in Flüssigkeiten, welche freie Alkalien oder Salze derselben aufgelöst enthalten.

Wird 1 Gewichtstheil stearinsaures Kali in 20 Theilen Wasser gelöst, und die Lösung dann mit wenigstens 1000 Theilen kalten Wassers vermengt, so bildet sich ein weißer glänzender Niederschlag. Die Flüssigkeit nimmt alkalische Reaction an und liefert mit Schwefelsäure versetzt beim Abdampfen schwefelsaures Kali, sie enthält also freies Kali.

Der Niederschlag ist aber nicht etwa Stearinsäure, er schmilzt nicht bei 100° und verwandelt sich in verdünnter heißer Schwefelsäure in schwefelsaures Kali und Stearinsäure, und zwar liefert er fast alle Stearinsäure, welche das angewandte Salz enthielt; er löst sich ferner in siedendem Weingeist auf und röthet dann eine Auflösung von Lackmus. Dieser Körper muß also ein saures stearinsaures Kali sein.

Neutrales stearinsaures Kali zerfällt demnach mit viel Wasser in freies Kali und saures Salz.

Wird daher auf einem Körper feuchtes stearinsaures Kali ausgebreitet, und derselbe dann in eine größere Menge Wasser eingetaucht, so entsteht zuerst freies Kali. Ist nun der Körper mit Fett überzogen, so verbindet sich das Kali mit den darin enthaltenen Säuren zu einem Salz, welches Wasser leicht abspülen kann, oder ist der Körper mit einer lose zusammenhängenden organischen Materie behaftet, so wird diese vom Kali (§. 59) leicht zerstört, während gleich darauf die größere Wassermenge das Kali verdünnt und seiner Einwirkung auf die festere Masse des Körpers, auch wenn derselbe organischen Ursprungs ist, Schranken setzt.

Wie das stearinsaure wirken auch das palmitinsaure und oleinsaure Kali, ferner die Natronsalze, und natürlich auch Mischungen derselben. Alle diese Körper können demnach als Reinigungsmittel dienen; sie sind Seifen.

Die gewöhnliche Seife wird im Allgemeinen durch Kochen von Fetten mit einer Auflösung von ätzendem Kali oder Natron gewonnen; sie ist also ein Gemenge der genannten Salze. Die Kaliseifen haben eine butterartige Consistenz (Schmierseifen) und bilden sich beim Kochen von Fetten in Kalilauge mit darauf folgendem Verdampfen eines Theiles des Wassers, wobei dann das ausgeschiedene Glycerin der Seife beigemengt bleibt. Sie enthalten in der Regel auch noch freies Kali. Bei der Erzeugung der Natronseifen, welche fest sind, wendet man Natronlauge oder Kalilauge und Kochsalz an; letzteres bei Benutzung von Natronlauge, um die Seife in Wasser unlöslich zu machen, bei Benutzung von Kalilauge, um außerdem noch einen Umsetzungsproceß zwischen der zuerst gebildeten Kaliseife und dem Kochsalz in Natronseife und Chlorkalium zu veranlassen.

Die Seifen sind weit früher zum Waschen benutzt worden, ehe ihre chemische Beschaffenheit und ihre Wirkungsweise durch die Chemie ausgemittelt worden war. Das alleinig Wirksame derselben ist, wie oben erwähnt, ihr Alkali, die Fettsäuren darin sind von geringer Bedeutung. Sie qualeficiren sich aber zum Waschen deswegen weit besser als Auflösungen von reinen Alkalien, weil bei ihrer Zersetzung durch Wasser der Moment, in welchem das Alkali vollständig verhindert wird, zerfressend auf die zu

reinigende Substanz einzuwirken, rascher auf die beabsichtigte Wirkung desselben folgt, als man es bei Anwendung jener Auflösungen möglich machen könnte. Wasser, welches Kalk- oder Bittererdesalze enthält (hartes Wasser S. 31) wird durch Seifenlösung unter Bildung von fettsauren Kalk- oder Bittererdesalzen gefällt, es löst daher auch Seife nicht auf und ist zum Waschen untauglich.

Viele Pflaster sind Gemenge von stearinsaurem, palmitinsaurem und oleinsaurem Bleioxyd und entstehen als unlösliche Substanzen, wenn Fette mit Bleioxyd und Wasser gekocht werden. Das Glycerin geht dann in die wässerige Lösung und kann, nach Entfernung von dabei mit aufgelöstem Bleioxyd mittels Schwefelwasserstoffs, durch Abdampfen des Wassers gewonnen werden. Nach diesem Verfahren wird das Glycerin mitunter fabrikmäßig dargestellt.

§. 106.

Wachs.

Werden die Beeren der nordamerikanischen Wachsmyrthe (Myrica cerifera) oder die Rinde der Wachspalme (Ceroxylon Andicola) mit Wasser ausgekocht, so begiebt sich an die Oberfläche desselben ein geschmolzenes, grünlich gefärbtes Fett, welches nach dem Erstarren einen dem gewöhnlichen Bienenwachs äußerlich sehr ähnlichen Körper bildet.

Alle frischen und grünen Pflanzentheile (jeder Pflanze) geben beim Auspressen einen grünen Saft, in welchem sich in der Wärme ein grünes Coagulum bildet. Wird dasselbe von der Flüssigkeit getrennt und mit Aether behandelt, die Lösung nach dem Filtriren mit Wasser versetzt und längere Zeit zur Verdunstung des Aethers in der Wärme gehalten, so sammelt sich auf der Oberfläche etwas Wachs an. Alle grünen Pflanzentheile; sowie der Blüthenstaub, enthalten Wachs, wenn auch nicht in so großer Menge wie die Wachsmyrthe in ihren Beeren.

Es wäre daher nicht unmöglich, daß die Bienen das Wachs nur von den Pflanzen einsammeln und unverändert zum Bau ihrer Zellen benutzen; allein man hat die Beobachtung gemacht, daß Bienen, welche eingeschlossen waren und nur mit Zucker und Honig gefüttert wurden, an ihren Zellen zu bauen fortfuhren, weswegen man annehmen muß, daß sie das Wachs aus diesen Substanzen im Inneren ihres Körpers zu erzeugen vermögen.

Alles Wachs, namentlich das von den Bienen herrührende, ist durch fremde Einmengungen honiggelb oder grün gefärbt. Eine längere Einwirkung der Atmosphäre mit ihrem Witterungswechsel vermag diese eingemengten Substanzen zu zerstören, weswegen das Wachs, in dünne Bänder ausgegossen und auf Leinewand ausgebreitet, an der Luft gebleicht wird.

Aeußerlich unterscheidet sich das Wachs nur wenig von den Fetten. Im geschmolzenen Zustande ist es den Oelen sehr ähnlich, und auch bei gewöhnlicher Temperatur ist es vom Talg nicht mehr verschieden als dieser vom Baumöl, aber in chemischer Beziehung weicht es doch sehr davon ab.

In kochendem Alkohol löst sich ein Theil des Bienenwachses auf, der andere so schwierig, daß er fast ganz zurückbleibt, eine feste, dem natürlichen Wachse ähnliche Masse bildend. Beim Kochen mit concentrirter Kalilauge bildet sich aus letzterem palmitinsaures Kali und ein fester basischer Körper, Melissin, so daß der in Alkohol unlösliche Theil des Wachses sich als palmitinsaures Melissin darstellt.

Aus der alkoholischen Lösung scheidet sich beim Erkalten eine feste, weiße Substanz ab, welche ihrer Hauptmasse nach eine den festen fetten Säuren ähnliche Säure, Cerotinsäure (Cera, Wachs), ist.

Bienenwachs ist also ein Gemenge von palmitinsaurem Melissin mit freier Cerotinsäure. — Melissin und Cerotinsäure bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Zweite Gruppe:

Leim, Eiweißkörper und Alkaloide.

---

§. 107.

Leim.

Die Knochen sind bekanntlich nicht durch ihr ganzes Innere massiv, sondern enthalten kleinere oder größere Hohlräume (Röhrenknochen) mit einem Gewebe kleiner Zellen, welche mit Fett ausgefüllt sind. — Mark und Markfett.

Bei starkem Erhitzen an der Luft verbrennt alles Organische in den Knochen, und sie hinterlassen ein Gemenge anorganischer Salze, welches phosphorsaure Kalkerde in größter Menge, sodann kohlensaure Kalkerde und auch etwas phosphorsaure Bittererde und Chlornatrium enthält. — Knochenasche.

Werden Knochen, nach Entfernung des Marks, in verdünnter Salzsäure erwärmt, so entwickeln sie Kohlensäure und die Flüssigkeit enthält

nachher hauptsächlich Chlorcalcium und phosphorsaure Kalkerde aufgelöst, welche letztere sich bei der Neutralisation mit einem Alkali niederschlägt.

Aus diesem Versuche geht hervor, daß die Kohlensäure in der Knochenasche nicht erst beim Verbrennen gebildet wird, sondern daß die kohlensaure Kalkerde in den natürlichen Knochen fertig gebildet, so gut wie die phosphorsaure, vorhanden ist.

Die Einwirkung der heißen Salzsäure auf Knochen ist so heftig, daß ihr Zusammenhalt größtentheils davon zerstört wird; läßt man aber einen Knochen längere Zeit in sehr verdünnter kalter Salzsäure hängen, so werden die anorganischen Salze auch aufgelöst, aber der Rückstand behält nun die Gestalt des Knochens vollständig bei und stellt eine gelbliche, elastische Masse dar, welche beim Trocknen durchscheinend und hart wird.

Die Zähne verhalten sich ganz so wie die übrigen Knochen.

In Wasser löst sich der von verdünnter kalter Salzsäure unverändert gelassene Theil der Knochen beim Kochen leicht auf, und die concentrirte Lösung gesteht beim Erkalten zu einer Gallerte, welche beim Trocknen zu einer spröden Masse erhärtet, in Wasser aber leicht wieder aufgelöst werden kann. — Sie besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel in sehr geringer Menge und heißt Leim — (Tischlerleim).

Wie der organische Theil der Knochen verwandeln sich beim Kochen mit Wasser auch die Haut der Schwimmblase des Hausen (Hausenblase), die Knorpelsubstanzen, die Sehnen und Bänder, ein großer Theil der thierischen Oberhaut und der Geweihe der Wiederkäuer in Leim, welcher sich beim Erkalten gallertartig absetzt. Man nennt diese Stoffe, welche vor dem Kochen mit Wasser noch nicht Leim sind, daher leimgebende Substanzen.

Die Eierschalen, die Fischschuppen, die Krebsschalen, die Muschelschalen, die Perlen und Korallen haben eine ganz ähnliche Zusammensetzung wie die Knochen; sie bestehen aus organischen Stoffen, welche beim Erhitzen an der Luft verbrennen, und anorganischen Salzen, unter denen kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde die bedeutendsten sind.

§. 108.

Albumin.

Eiweiß. Wird das Weiße der Hühnereier mit Wasser vermischt, zur Abscheidung der darin befindlichen häutigen Substanzen filtrirt und in einer Temperatur zur Trockne verdampft, welche 50° nicht erreicht, so bleibt eine feste, amorphe, durchsichtige, gelbliche, geruch- und geschmacklose Masse zurück, welche nach Entfernung einer geringen Menge anhaftenden Fettes

durch Aether, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel besteht. — Eiweiß, Albumin (Albumen, das Weiße). — In verdünnter Kalilauge löst sich das Albumin auf; wird die so erhaltene Lösung gekocht oder längere Zeit erwärmt und sodann mit verdünnter Salzsäure (oder mit der später ausführlicher zu erwähnenden Essigsäure) vermischt, so scheidet sich ein weißer, käsiger Niederschlag ab und die Flüssigkeit enthält freien Schwefelwasserstoff, welcher fortwährend abdunstend ein über die Flüssigkeit gehaltenes, mit einer Bleioxydsalzlösung befeuchtetes Papierstreifchen schwarz färbt. Der Niederschlag hat jedoch nicht mehr die Zusammensetzung des Albumins, namentlich enthält er weniger Schwefel. Heiße verdünnte Kalilauge bewirkt demnach eine theilweise Zersetzung des Albumins unter Bildung von Schwefelkalium.

Auch in kaltem Wasser löst sich das eben beschriebene Albumin wieder vollständig auf (lösliches Albumin). Wird diese Lösung, oder auch das natürliche mit Wasser verdünnte Eiweiß, auf 60° bis 70° erwärmt, so scheidet sich ein weißer Niederschlag ab, der in seiner Zusammensetzung und im Verhalten gegen Kalilauge vollständig mit dem löslichen Albumin übereinstimmt. Der Niederschlag ist also im Uebrigen das unveränderte Albumin, nur ist er in Wasser völlig unlöslich (unlösliches oder coagulirtes Albumin). Letzteres kann auf keine Weise wieder in den löslichen Zustand übergeführt werden.

Das Festwerden des Weißen der Eier beim Sieden derselben beruht auf dem Uebergang des gelösten Albumins in den coagulirten Zustand.

Außer durch Wärme wird das lösliche Eiweiß auch durch Schwefelsäure, Salpetersäure und durch Salzsäure coagulirt.

Wird Hühnereiweiß mit concentrirter Kalilauge versetzt, so entsteht eine steife, durchscheinende Gallerte, eine Verbindung von Albumin mit Kali, welche in Wasser löslich ist. — Kalialbuminat. — Essigsäure fällt aus der Lösung coagulirtes Albumin.

Versetzt man eine Albuminlösung mit einer solchen von Quecksilberchlorid, so entsteht ein weißer Niederschlag, welcher eine Verbindung von Albumin mit Quecksilberoxyd ist. Wegen seiner völligen Unlöslichkeit ist er nicht giftig, ein Umstand, welcher Albuminlösungen als ein Gegengift gegen das so sehr giftige Quecksilberchlorid geeignet erscheinen läßt. — Auf ähnliche Weise gelingt es, das Albumin mit den meisten Metalloxyden zu vereinigen.

Das lösliche Albumin ist im Thierreiche außerordentlich verbreitet, fast alle thierischen Flüssigkeiten enthalten dasselbe.

Ganz besonders reichlich ist das Albumin aber in der Blutflüssigkeit enthalten. Das **Blut**, welches die im Magen aus den Nahrungsmitteln ausgezogenen Bestandtheile aufnimmt und durch den ganzen Körper hindurchführt, überall durch neue Ablagerungen das durch den Athmungsproceß (§§. 15, 40) und die übrigen Lebensfunctionen Verbrauchte ersetzend, besteht, wie es im Körper ist, aus einer klaren, fast farblosen Flüssigkeit, in welcher nur unter dem Mikroskope erkennbare, rundliche Körnchen, von denen die meisten eine röthliche Farbe besitzen, die sogenannten Blutkörperchen oder Blutzellen, in zahlloser Menge schwimmen.

Wenn das Blut, nachdem es aus dem Körper gelassen worden ist, einige Zeit in Ruhe steht, so erstarrt es, indem ein vorher darin aufgelöster Körper in den unlöslichen Zustand übergeht, fast ganz zu einer rothen Gallerte, Blutkuchen (geronnenes Blut), von welcher sich jedoch noch eine gelbliche Flüssigkeit, Blutserum, absondert.

Letztere reagirt alkalisch, sie enthält eine geringe Menge eines durch Verdünnen mit Wasser und Einleiten von Kohlensäure ausfällbaren eiweißartigen Körpers (fibrinoplastischer Substanz), sodann Natronalbuminat, dessen Albumin schon beim Neutralisiren mit Essigsäure niederfällt, und endlich lösliches Albumin, wie sich daraus ergiebt, daß die neutralisirte Flüssigkeit bei geeignetem Erhitzen einen Niederschlag von coagulirtem Albumin erzeugt.

Die **Muskelsubstanz**, welche das sogenannte Fleisch bildet, läßt beim Trocknen ungefähr 23 Procent fester Masse zurück, enthält also etwa 77 Procent Wasser. In letzterem findet sich viel Albumin aufgelöst, denn der mit kaltem Wasser gemachte Auszug des Fleisches läßt beim Erwärmen zuerst reines coagulirtes Albumin fallen, in etwas höherer Temperatur Albumin, welches durch einen rothen Farbstoff gefärbt ist.

Pflanzenalbumin. Das Albumin ist auch im Pflanzenreiche sehr verbreitet. Wird irgend ein ausgepreßter Pflanzensaft, z. B. aus Gräsern oder aus Kartoffeln, gekocht, so setzt sich ein flockiges Gerinsel ab, welches, wenn es aus den grünen Pflanzensäften dargestellt wird, noch durch einen grünen Farbestoff gefärbt erscheint und auch noch Wachs (§. 106) oder Fett enthält. Durch Ausziehen mit Alkohol und Aether wird es rein und es besitzt dann die Zusammensetzung und alle Eigenschaften, welche oben von dem bis über 60° erhitzten animalischen Eiweiß angeführt worden sind, weswegen es auch den Namen Pflanzeneiweiß, Pflanzenalbumin, trägt. In dem klar ausgepreßten Safte ist es ebenso aufgelöst wie das thierische Albumin in dem natürlichen Weißen der Eier und erst durch die höhere Temperatur wird es in den unlöslichen Zustand übergeführt.

Wird Weizenmehl mit Wasser zu einem Teig angemacht und dieser so lange unter Wasser geknetet, als die Flüssigkeit noch trübe abläuft, so setzt sich in der Ruhe aus letzterer ein weißes Pulver, die später ausführlicher zu besprechende Stärke, ab, und aus der davon abgegossenen Flüssigkeit läßt sich in der Siedhitze ebenfalls Albumin im coagulirten Zustande erhalten.

Albumin findet in der Zeugdruckerei zum Befestigen der Farben auf Geweben Verwendung.

§. 109.

Fibrin.

Fibrin im Blut. Wir haben oben gesehen, daß der von dem Serum befreite, geronnene Theil des Blutes, der sogenannte Blutkuchen, außer den Blutkörperchen, die sich durch die rothe Farbe darin bemerkbar machen, noch einen anderen Stoff enthalten muß, der im Blute während seines Verweilens im Organismus auch vollkommen aufgelöst ist, und erst nach dem Austritt aus demselben unlöslich wird, worauf er sich, die Blutkörperchen umschließend, auf ähnliche Weise absetzt wie das Albumin aus gekochtem Serum.

Man kann diese Substanz auch in isolirter Gestalt erhalten, wenn man das Blut sofort bei seinem Austreten aus dem Körper, etwa durch einen Quirl, in lebhafte Bewegung setzt, wobei sie sich in Gestalt von fadenförmigen, faserigen Massen an die einzelnen Speichen des Quirls absetzt. — Wird sie durch Waschen mit Wasser, Alkohol und Aether, durch letzteren von Fett, gereinigt, so bildet sie nach dem Trocknen eine spröde, geruch- und geschmacklose, gelbliche Masse, welche wegen ihrer faserigen Textur den Namen Fibrin (Fibra, Faser) erhalten hat.

Das Fibrin hat dieselbe Zusammensetzung wie das Albumin und verhält sich auch ebenso wie letzteres zu verdünnter heißer Kalilauge, es ist in chemischer Beziehung durch nichts vom coagulirten Albumin verschieden.

Das Fibrin ist im Thierkörper sehr weit verbreitet.

Muskelfibrin. Wird klein gehacktes Fleisch mehreremal mit kaltem Wasser gewaschen, so bleibt ein farbloser Rückstand, der hauptsächlich aus Syntonin, einem dem Fibrin sehr ähnlichen Stoffe, besteht. In salzsäurehaltigem Wasser ist das Syntonin löslich und es läßt sich daher rein erhalten, wenn man die mit Wasser erschöpfte Muskelsubstanz mit salzsäurehaltigem Wasser auszieht, die Lösung filtrirt und mit einem Alkali neutralisirt, worauf das Syntonin sich ausscheidet. Durch Waschen mit Wasser und Aether wird es vollends gereinigt.

Fibrin in anderen Thierstoffen. Haare, Wolle, Federn, die Bedeckung der Schildkröten und Krokodile, Klauen, Hufe, Hörner, Nägel lösen sich, wenn sie durch siedendes Wasser von einem etwaigen Gehalt an Leim befreit worden sind, in verdünnter Aetzkalilauge beim Erhitzen fast vollständig auf. Die Lösung entwickelt mit Säuren Schwefelwasserstoff und läßt ein weißes Gerinsel niederfallen. Alle diese Substanzen bestehen daher der Hauptmasse nach aus einem dem Fibrin ähnlichen Körper (Keratin).

Pflanzenfibrin. Auch im Pflanzenreiche kommt das Fibrin nicht selten vor.

Wir haben oben (§. 108) gesehen, daß man aus Weizenmehlteig durch Wasser Stärke und Albumin auswaschen kann. Dabei bleibt eine zähe, elastische, klebrige, gelblich graue, in Wasser vollständig unlösliche Masse zurück, welche den Namen Kleber hat. Im getrockneten Zustande zeigt sie viel Aehnlichkeit mit getrocknetem Eiweiß, besteht aber noch aus zwei verschiedenen Substanzen.

Denn kochender Alkohol löst sie nur zum Theil auf, und der Rückstand besitzt sowohl feucht, wie getrocknet die Zusammensetzung und alle Eigenschaften des Fibrins. Die Samen aller Gramineen enthalten vorzugsweise viel Fibrin.

Pflanzenleim. Wird die vom Kleber erhaltene alkoholische Auflösung abgedampft, so bleibt der aufgelöste Körper zurück als eine Masse, die, so lange sie noch feucht ist, dieselbe Zähigkeit, Elasticität und Klebrigkeit besitzt, welche oben am Kleber beschrieben worden sind, beim Trocknen aber auch hornartig spröde wird. Sie verhält sich im Allgemeinen dem Pflanzeneiweiß ähnlich, wird aber ihrer klebenden Eigenschaften wegen Pflanzenleim genannt.

§. 110.

Casein.

Casein in der Milch. Bekanntlich enthält die Milch eine große Menge Fett, welches, so lange die Milch frisch ist, in Form von kleinen Kügelchen darin in großer Vertheilung umherschwimmt und sich in der Ruhe auf der Oberfläche als Rahm ansammelt. Die daraus gemachte Butter ist besonders reich an palmitinsaurem Glycerin. Die Milch erleidet bei längerem Stehen aber noch andere Veränderungen. Während die frische Milch meist alkalisch reagirt, wird sie nach und nach sauer und es setzt sich eine große Menge eines weißen Coagulums ab, aus welchem der Käse gemacht wird.

Letzteres, **Casein** genannt, ist in frischer Milch im gelösten Zustande enthalten, geht aber unter dem Einfluß von Säuren in den unlöslichen über. Man erhält es daher leicht rein, wenn man abgerahmte Milch mit Essigsäure versetzt und den entstehenden Niederschlag auswäscht. Derselbe trocknet, nachdem er mit Aether von noch daran haftendem Fett befreit worden, zu einer geschmacklosen, gelblichen, spröden Masse ein, welche ganz dieselbe Zusammensetzung und alle Eigenschaften des coagulirten Albumins besitzt.

Durch Kochen wird die Lösung des Caseins nicht coagulirt. Beim Abdampfen setzt sich jedoch auf der Milch eine, nach jedesmaligem Abnehmen sich erneuernde Haut ab, welche Casein ist und nicht mehr von Wasser aufgelöst wird.

Die Schleimhaut des Kälbermagens (Lab genannt) bewirkt ebenfalls die Coagulation des Caseins in frischer Milch.

Pflanzencasein. Auch im Pflanzenreiche kommt das Casein vor. Die Hülsenfrüchte und öligen Samen geben an Wasser, — letztere, nachdem das Oel daraus ausgepreßt ist — eine dem Casein in Zusammensetzung und in allem Uebrigen durchaus ähnliche Substanz ab, welche durch Säuren aus dieser Lösung gefällt werden kann (**Legumin**, legumen, Hülse).

Es wird in neuerer Zeit angenommen, daß das Casein gar nicht vom Albumin verschieden sei, und daß die natürlichen Caseinlösungen Kalialbuminat (S. 154) enthielten, mit dessen Lösung dieselben allerdings in allen Beziehungen übereinstimmen.

§. 111.

Hämatokrystallin, Globulin und Hämatin.

Die Gestalt der **Blutkörperchen** (§. 108) ist nicht bei allen Thieren übereinstimmend; bei den Säugethieren ist sie eine biconcav scheibenförmige, bei den Vögeln, Amphibien und den meisten Fischen eine elliptische. Trotz ihrer außerordentlichen Kleinheit (Durchmesser 0,0017 bis 0,004 Linien beim Menschen), die die Ursache ist, daß sie sich durch Filtriren vom Blute nicht trennen lassen, und obgleich sie so schwach röthlich gefärbt sind, daß bei mikroskopischer Betrachtung ihre Farbe erst dann hervortritt, wenn mehrere übereinander liegen, sind sie durch ihre ungeheuer große Anzahl — (ein Cubikmillimeter enthält zwischen 4 und 5,5 Millionen!) — die Ursache der Farbe und Undurchsichtigkeit des Blutes*).

*) Außer den farbigen Körperchen enthält das Blut auch farblose, allein viel weniger, 1 bis 2 auf 1000 farbige.

Setzt man zu Blut, welches durch Schlagen von allem Fibrin befreit worden ist, eine große Menge einer gesättigten Glaubersalzlösung, so coaguliren die Blutkörperchen und bilden einen zusammenhängenden Niederschlag, von dem die Flüssigkeit abfiltrirt werden kann.

Der Hauptbestandtheil der rothen Blutkörperchen, eine rothe, eiweißartige Substanz, kann krystallisirt erhalten werden. Wird z. B. von Fibrin befreites, mit der gleichen Menge Wasser und etwas Alkohol vermischtes Hundeblut einer Temperatur von unter 0° ausgesetzt, so krystallisirt der in Rede stehende Körper aus — Hämoglobin, Hämatokrystallin (αἷμα Blut). — Die Krystalle sind in Wasser löslich, zersetzen sich jedoch sehr leicht; beim Kochen ihrer Lösung scheidet sich ein eiweißartiger fester Körper, Globulin, ab, welcher jedoch noch mit einem rothen Farbstoff gemengt ist. Letzterer, Hämatin, kann durch Trocknen und längeres Erwärmen mit säurehaltigem Alkohol entfernt werden. Um diesen Farbstoff für sich zu erhalten, benutzt man am zweckmäßigsten getrockneten und gepulverten Blutkuchen, den man mit kohlensaurem Kali mengt, und mit starkem Weingeist übergießt. Es löst sich dann eine geringe Menge des Kalisalzes und unter dem Einfluß desselben auch das Hämatin zu einer dunkelrothen Flüssigkeit auf, welche nach dem Verdünnen mit Wasser mit Essigsäure schwach angesäuert wird, worauf braune Flocken von Hämatin niederfallen. — Das Hämatin besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Eisen.

Globulin und Hämatin entstehen durch Zersetzung des Hämatokrystallins, das erstere wird dabei stets in sehr vorwiegender Menge gebildet (woher sein Name stammt, Globulus Kügelchen).

§. 112.

Albumin, Fibrin, Casein und Globulin faßt man unter dem Namen der Eiweißkörper zusammen.

Im trockenen Zustande bleiben die Eiweißkörper unverändert, im feuchten aber zersetzen sie sich, wenn die Temperatur mehrere Grade über dem Gefrierpunkte liegt, unter Bildung von Gasen, unter denen Kohlensäure, Kohlenwasserstoff (§. 42), mitunter Wasserstoff, ferner Schwefelwasserstoff und noch verschiedene andere Substanzen angetroffen werden, von denen zum Theil später ausführlicher die Rede sein wird. Man nennt diesen Zersetzungsproceß Fäulniß. Derselbe besteht also darin, daß sich lediglich aus den Elementen der Eiweißkörper andere einfachere Substanzen bilden, die Betheiligung fremder Stoffe jedoch, namentlich auch des Sauerstoffes der Luft, dabei ausgeschlossen ist. Gleichwohl ist zur Ein-

leitung der Fäulniß erforderlich, daß die betreffenden Körper wenigstens eine Zeit lang der Luft ausgesetzt waren. Wirkt der Sauerstoff der Luft auch während des weiteren Verlaufes des Zersetzungsprocesses mit, so werden die Fäulnißproducte fast vollständig oxydirt, so daß der Kohlenstoff in Kohlensäure und der Wasserstoff in Wasser übergeht. Diese letztere Umwandlung nennt man Verwesung.

§. 113.

Rückblick.

Das im Vorstehenden Erwähnte gestattet uns schon einen ziemlich vollständigen Ueberblick über die Natur der Stoffe, welche die Hauptmassen der thierischen Körper bilden.

Bereits in §. 93 ist gelehrt worden, daß alle einer Pflanze oder einem Thiere entnommenen Theile Gemenge von Wasser, der eigentlich organischen Substanz, und anorganischen Salzen sind. Die Anwesenheit der letzteren in allen Bestandtheilen des Thierkörpers wollen wir hier ausdrücklich wiederholt erwähnen.

Kocht man z. B. Blut, so scheiden sich alle Eiweißkörper in unlöslicher Form ab, und der Rückstand, den man nach dem Eindampfen der filtrirten Flüssigkeit erhält, hinterläßt beim Verbrennen eine aus schwefelsauren, phosphorsauren und kohlensauren Salzen von Kali, Natron, Kalkerde und Bittererde, aus Chlorkalium und Chlornatrium bestehende Asche. Aehnlich ist der Rückstand zusammengesetzt, den man durch Verbrennen von Fleisch, Hornsubstanz, Häuten, Haaren, Federn, Wolle ꝛc. erhält.

Eiweißkörper, leimgebende Substanz, Fett und anorganische Salze sind es daher, welche die Hauptmasse der thierischen Körper ausmachen. Es giebt zwar in den letzteren noch viele andere Substanzen, z. B. im Gehirn, in der Galle ꝛc., welche von jenen wesentlich verschieden sind, doch ist ihre Masse im Verhältnisse zu den genannten sehr unbedeutend; sie werden später Gegenstand unserer Betrachtung sein.

Zersetzungsproducte der Eiweißkörper ꝛc.

§. 114.

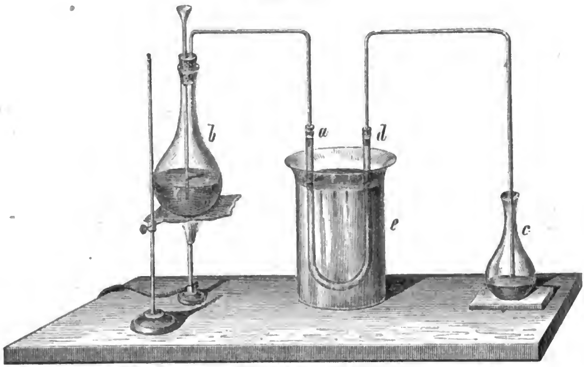
Cyan.

Blausäure. Glüht man Potasche mit trockenen organischen Materien, welche Eiweißkörper oder leimgebende Substanz enthalten, z. B. mit eingetrocknetem Blut ꝛc., bis keine Gasentwickelung mehr stattfindet und behandelt man den stark kohlehaltigen Rückstand mit Wasser, so löst sich ein Theil davon auf.

Wird die concentrirte Lösung mit Schwefelsäure erhitzt, so entwickelt sich ein saures, farbloses, eigenthümlich riechendes Gas, das sich in der Kälte zu einer Flüssigkeit condensirt und auf folgende Weise wasserfrei und in größerer Menge erhalten werden kann.

Den die Lösung enthaltenden, mit einer Trichterröhre und einer Gasleitungsröhre versehenen Kolben b, Fig. 23, fügt man an das mit Chlor-

Fig. 23.



calciumstücken erfüllte, gebogene Glasrohr a d, welches eine in das Gefäß c ausmündende Glasröhre trägt. Das Gefäß e wird mit eiskaltem Wasser gefüllt, c mit Eis oder Schnee umgeben, und darauf durch die Trichterröhre Schwefelsäure in den Kolben gegossen. Die Flüssigkeit beginnt sogleich Gase mit lebhaftem Brausen zu entwickeln, von denen ein Theil (von der überschüssigen Potasche herrührend) Kohlensäure ist und aus c entweicht, ein anderer Theil jedoch sich in a d flüssig niederschlägt, wo auch die gebildeten Wasserdämpfe absorbirt werden.

Man gießt die Schwefelsäure, um ein Uebersteigen der Flüssigkeit zu vermeiden, nur nach und nach ein, und bringt ein neuer Zusatz kein Aufbrausen mehr hervor, so fügt man ein größeres Quantum nach Gutdünken zu, entleert das Gefäß e und gießt Wasser von ungefähr 40° hinein. Darauf verflüchtigt sich das in a d condensirte Gas und wird erst in c wieder flüssig. Nun erhitzt man durch eine Flamme bis zum gelinden Sieden so lange, als die Flüssigkeit in c noch vermehrt wird.

Diese Flüssigkeit hat einen starken, höchst eigenthümlichen Geruch und Geschmack, sie siedet schon bei 26,5° und erstarrt bei —15°. Sie ist in

jeder Gestalt, fest, flüssig und gasförmig, so giftig, daß sie fast augenblicklich tödtet, weswegen bei allen mit ihr angestellten Versuchen die sorgsamste Vorsicht beobachtet werden muß. In Wasser löst sie sich zu einer schwach sauer reagirenden Flüssigkeit auf.

Diese Säure wurde zuerst aus dem Berlinerblau, einer in Berlin entdeckten blauen Farbe, auf eine später genauer zu beschreibende Weise dargestellt und erhielt davon den Namen Blausäure.

In der Retorte bleibt bei ihrer Darstellung eine Auflösung von schwefelsaurem Kali mit etwa überschüssig zugesetzter Schwefelsäure zurück.

Die Resultate des beschriebenen Processes sind demnach ganz ähnlich wie die der Einwirkung von Schwefelsäurehydrat auf Chilisalpeter (§. 28), oder auch auf Kochsalz (§§. 45—47). Nach denselben zu urtheilen, könnte die Blausäure das Hydrat einer Sauerstoffsäure, aus ihrem Kalisalz durch Schwefelsäure abgeschieden, oder auch eine Wasserstoffsäure sein, entstanden durch doppelte Zersetzung eines Haloidsalzes mit dem Wasser des Schwefelsäurehydrats. Um zu entscheiden, welcher Fall vorliegt, muß untersucht werden, ob die Blausäure Sauerstoff enthält. Diese Untersuchung führt man am besten mit Hülfe einer aus Blausäure und Quecksilberoxyd sich bildenden Substanz aus.

Cyanquecksilber. Wird nämlich eine Glasglocke mit trockenem Blausäuregas erfüllt und Quecksilberoxyd hineingeschüttet, so verschwinden unter starker Wärmeentwickelung das Gas und das Oxyd, während ein weißer fester Körper gebildet wird und die innere Seite der Glocke sich mit Wassertröpfchen beschlägt. — Die Einwirkung jener beiden Substanzen ist jedoch so plötzlich und heftig, daß man das Blausäuregas vorher mit Luft verdünnen muß, wenn nicht die Gefäße in Gefahr gerathen sollen, zertrümmert zu werden. Die beigemengte Luft bleibt dabei unverändert.

Dieser Versuch allein giebt noch keinen genügenden Anhaltspunkt zur Entscheidung der vorliegenden Frage, denn das bei demselben auftretende Wasser kann sowohl als Hydratwasser aus der Blausäure ausgeschieden (während die wasserfreie Sauerstoffsäure mit dem Quecksilberoxyd sich vereinigte), als auch neu gebildet worden sein aus dem Wasserstoff einer Wasserstoffsäure und dem Sauerstoff des Quecksilberoxyds (indem das Halogen mit dem Metall zusammentrat).

Es ist daher die neue Quecksilberverbindung auf einen Sauerstoffgehalt weiter zu prüfen.

Man erhält dieselbe auch, wenn man Quecksilberoxyd mit überschüssiger verdünnter, flüssiger Blausäure behandelt, nur bleibt sie in diesem Falle

aufgelöst, krystallisirt aber bei gehöriger Concentration der Flüssigkeit aus derselben aus und enthält kein Krystallwasser.

Dieser Körper wird nun beim Erhitzen in Quecksilber und eine farblose Gasart von höchst eigenthümlichem Geruch zerlegt. Letztere ist giftig, in Wasser löslich, läßt sich an der Luft entzünden und verbrennt mit purpurrother Flamme.

Diese Thatsache beweist immer noch nicht, daß die Blausäure keinen Sauerstoff enthält, denn es giebt Sauerstoffsalze, welche beim Erhitzen in Metalle verwandelt werden, während der Sauerstoff ihrer Basis sich noch mit ihrer Säure verbindet (oxalsaures Kupferoxyd, S. 60).

Wird das Gas aber über glühendes Eisen geleitet, so wird es vollständig in Stickgas verwandelt, ohne daß sich das Eisen verändert; dagegen wird Kohle auf dem Eisen abgesetzt.

Das Gas enthält also keinen Sauerstoff, sondern besteht nur aus Kohlenstoff und Stickstoff.

Bei der Darstellung der erwähnten weißen Quecksilberverbindung wird daher der Sauerstoff des Quecksilberoxyds zur Wassererzeugung verwandt und der dazu nöthige Wasserstoff tritt aus der Blausäure hinzu. Was letztere außer Wasserstoff enthielt, kann nur in der weißen Quecksilberverbindung gesucht werden und nichts Anderes als jenes Kohlenstickstoffgas sein.

Die Blausäure besteht also nur aus Wasserstoff und jenem Gase, welches **Cyangas** (von κύανος, blau) *genannt wird*, während sie selbst auch den Namen *Cyanwasserstoffsäure* führt.

Wird eine Auflösung von Aetzkali in absolutem Alkohol mit Blausäure neutralisirt, so schlägt sich ein wasserfreier, weißer, fester Körper nieder, der in Wasser leicht löslich ist und in hohem Grade giftig wirkt. — Derselbe entwickelt beim Erhitzen mit Schwefelsäurehydrat Cyanwasserstoffsäure, während wasserfreies schwefelsaures Kali zurückbleibt, er muß demnach *Cyankalium* sein; denn

Cyan + Kalium Schwefelsäure + (Wasserstoff + Sauerstoff)	+ =	Cyan + Wasserstoff Schwefelsäure + (Kalium + Sauerstoff).

Blausäure verwandelt die meisten Oxyde in Cyanmetalle.

In der aus eingetrocknetem Blut und kohlensaurem Kali beim Glühen entstehenden Masse ist das Cyan ebenfalls an Kalium gebunden enthalten und aus dem Kohlenstoff und Stickstoff der Eiweißkörper gebildet worden. Diese beiden Elemente der Eiweißkörper vereinigen sich aber nur

dann in der Hitze, wenn ein Alkali zugegen ist, dessen Metall das gebildete Cyan aufnehmen kann.

Es ist nach allem Vorhergehenden kaum erforderlich, darauf aufmerksam zu machen, daß das Verhalten des Cyans gegen Wasserstoff und Metalle und das der Cyanwasserstoffsäure gegen Metalloxyde vollkommen übereinstimmen mit dem des Chlors und der Chlorwasserstoffsäure.

Das Cyan wird deswegen auch zu den Halogenen gerechnet (§. 54).

§. 115.

Destillation thierischer Substanzen.

Werden Horn, Hufe, Knochen, Häute, Fleisch, eingetrocknetes Blut rc. der trockenen Destillation (§. 44) unterworfen, so zeigen sich im Allgemeinen die nämlichen Erscheinungen wie bei der gleichen Behandlung von Vegetabilien (§. 93); es entwickeln sich Kohlenwasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxydgas, aber die Gase sind von einem äußerst übeln, penetranten Geruch begleitet, welcher von einer öligen, sich in der abgekühlten Vorlage ansammelnden, flüchtigen, braunschwarzen Flüssigkeit, **Hirschhornöl***), herrührt. —

Außer Hirschhornöl sammelt sich eine wässerige, alkalisch reagirende, durch aufgelöstes Oel dunkel gefärbte Flüssigkeit an. — **Hirschhornspiritus.**

In der Retorte bleibt eine Kohle zurück, welche vor allen anderen Kohlenarten zum Entfärben und Reinigen von Flüssigkeiten am tauglichsten ist (§. 39). Knochenkohle.

§. 116.

Ammoniak.

Kohlensaures Ammoniak. Der Hirschhornspiritus läßt beim Verdunsten in sehr gelinder Wärme einen salzartigen, durch anhängende ölige Theile verunreinigten Rückstand, der übrigens beim Erhitzen selbst so leicht gasförmig wird, daß er sich nicht gut in größerer Menge durch Abdampfen des Hirschhornspiritus darstellen läßt. Dagegen sublimirt bei der trockenen Destillation der in §. 115 genannten Substanzen ein Theil dieses Körpers unmittelbar in fester Form, weniger, wenn man die Destillation im kleinen Maßstabe ausführt, in reichlicher Menge dagegen bei dem fabrikmäßigen Betriebe derselben, wobei er sich in den Verdichtungsgefäßen in Gestalt brauner Krusten absetzt. Er läßt sich leicht unverändert sublimiren, und mischt man ihm vorher Kohle bei, so hält diese den größten

*) Dieser Name stammt daher, daß man das Oel bei der trockenen Destillation von Hirschhorn zuerst auffand.

Theil des anhaftenden Oels zurück. Durch öftere Wiederholung dieses Verfahrens kann die in Rede stehende Substanz als ein rein weißer, krystallinischer, in Wasser leicht löslicher, salzartiger Körper von eigenthümlichem Geruch erhalten werden. — Hirschhornsalz.

Beim Uebergießen mit Säure läßt das Hirschhornsalz Kohlensäure entweichen, während die Säure neutralisirt wird; das Salz muß demnach die Verbindung einer eigenthümlichen Basis mit Kohlensäure sein, welche letztere beim Hinzutreten einer anderen Säure entweicht, während die Basis sich mit der Säure zu einem neutralen Salze verbindet.

Ammoniak. Wird das kohlensaure Salz mit Kalkerde gemengt und erhitzt, so entwickeln sich Wasserdämpfe und ein farbloses Gas von eigenthümlich stechendem Geruch und scharfem, brennendem Geschmack, welches rein erhalten wird, wenn man die Producte der Zersetzung zur Befreiung vom Wasser durch eine mit Stücken von Kalihydrat (Chlorcalcium hält auch das Gas zurück) gefüllte Röhre leitet. Das Gas hat den Namen Ammoniak.

Es unterhält das Verbrennen nicht, kann in reinem Sauerstoff entzündet werden und verbrennt mit gelber Flamme; es reagirt alkalisch und löst sich leicht in Wasser zu einer Flüssigkeit auf, welche alle Eigenschaften des Gases besitzt.

Bei der Darstellung des Gases bleibt in dem Gefäße, in welchem Hirschhornsalz und Kalkerde erhitzt werden, außer überschüssigen Mengen der letzteren, nur kohlensaure Kalkerde zurück. Das Hirschhornsalz besteht demnach aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser. — Kohlensaures Ammoniak.

Wird Ammoniakgas durch eine glühende, mit Eisendraht lose erfüllte Porcellanröhre geleitet, so wird es in ein Gasgemenge von Wasserstoff und Stickstoff verwandelt: es besteht also aus Wasserstoff und Stickstoff.

Neutralisirt man eine Auflösung von Ammoniak in Wasser mit irgend einer Sauerstoffsäure, so erhält man nach vorsichtigem Abdampfen zur Trockne ein Salz, welches aus der betreffenden Säure, Ammoniak und Wasser besteht. — Schwefelsaures, salpetersaures 2c. Ammoniak. Diese Salze werden in stärkerer Hitze meistens zersetzt, weshalb das Abdampfen ihrer Lösungen, wenn Verluste vermieden werden sollen, im Wasserbade geschehen muß.

Eine Auflösung von Ammoniak schlägt aus den Auflösungen der Salze gewisser schweren Metalle z. B. der Salze des Eisenoxyds, des Wismuthoxyds 2c., die Hydrate der Oxyde nieder, indem die Säuren

der Salze sich mit Ammoniak und Wasser zu aufgelöst bleibenden Ammoniaksalzen vereinigen; auch die Thonerde- und Bittererdesalze werden in ähnlicher Weise gefällt. Das Ammoniak hat also eine größere Neigung sich mit Säuren zu verbinden als jene Oxyde und Erden.

Das Ammoniak muß sich gleichzeitig stets mit Wasser vereinigen, wenn es sich gegen eine Säure als Basis verhalten soll. Trockenes Ammoniak kann keine Salzbasis bilden. Ist es aber mit Wasser vereinigt, so ist sein Vereinigungsstreben zu den Säuren von ähnlicher Stärke wie das der Alkalien, mit denen es noch die Eigenschaft gemein hat, durch Kohlensäure nicht vollständig neutralisirt zu werden, denn kohlensaures Ammoniak riecht stark nach Ammoniak und reagirt alkalisch.

Dieser Eigenschaften wegen nennt man das Ammoniak auch wohl flüchtiges Alkali und sein kohlensaures Salz flüchtiges Laugensalz.

Salmiak. Anders als gegen Sauerstoffsäuren verhält sich das Ammoniak gegen Wasserstoffsäuren. Läßt man salzsaures Gas und Ammoniakgas zusammentreten, so verdichten sie sich zu einem festen, in höherer Temperatur unverändert sublimirbaren Körper. Derselbe entsteht auch, wenn man die wässerige Auflösung von Ammoniak oder von kohlensaurem Ammoniak mit flüssiger Salzsäure neutralisirt und vorsichtig zur Trockne dampft; — er hat den Trivialnamen Salmiak*). — Wird über in Wasser gelöstes Ammoniak ein mit flüssiger Salzsäure befeuchteter Glasstab gehalten, so bilden sich in der Umgebung desselben starke weiße Nebel. Die beiden Substanzen, gasförmig abdunstend, verbinden sich dabei zu Salmiak, der in feinen Partikelchen die Nebel erzeugt.

Ammonium und Ammoniumoxyd. Der Salmiak kann als salzsaures Ammoniak angesehen werden. Beim Erhitzen mit Schwefelsäurehydrat verwandelt er sich unter Entwickelung von salzsaurem Gas in schwefelsaures Ammoniak, er verhält sich also einem Chlormetall ähnlich. — Man kann ihn in der That auch als ein Haloidsalz ansehen, indem man annimmt, bei seiner Bildung aus Ammoniak und Salzsäure werde letztere zersetzt, ihr Wasserstoff vereinige sich mit dem Ammoniak zu einem

*) Dieser Name ist aus Sal ammoniacum entstanden, womit im Alterthum ein in der sandigen Landschaft Ammonia (ἄμμος, Sand) vorkommendes Steinsalz (Chlornatrium, §. 51) bezeichnet wurde. Der Salmiak ist in Europa zuerst, aus Asien unter dem Namen Sal armeniacum — armenisches Salz — eingeführt, im achten Jahrhundert bekannt geworden. Später machte man aus diesem Namen Sal armoniacum, und noch später wurde dann auf den Salmiak der Name Sal ammoniacum übertragen.

Radical — Ammonium —, welches dann mit dem Chlor verbunden bleibe, so daß der Salmiak Chlorammonium sei. Macht man diese Annahme, so muß man weiter schließen, daß das Ammoniak auch das Wasser in der Art zersetze, daß es sich mit dessen Wasserstoff zu Ammonium, und letzteres mit dem Sauerstoff zu Ammoniumoxyd vereinige, so daß in der wässerigen Auflösung des Ammoniaks Ammoniumoxydhydrat enthalten sei. Es wird diese Annahme durch die Thatsache unterstützt, daß das Ammoniak, um als Salzbasis auftreten zu können, stets der Mitwirkung des Wassers bedarf. So entstehen aus Ammoniak, Wasser und Säuren schwefelsaures, salpetersaures ꝛc. Ammoniumoxyd. Die Auflösung des Ammoniumoxydhydrats wird beim Kochen in Wasser und Ammoniakgas zersetzt, Ammoniumoxyd und auch Ammonium sind bis jetzt noch nicht dargestellt worden. Deswegen ist auch die ganze Anschauung von ihrer Bildung nur eine Hypothese, welche gleichwohl bei den Chemikern die gebräuchlichere ist.

Salmiakgeist. Wird Salmiak mit Aetzkalk (oder Kali) der Destillation unterworfen, so sammelt sich in einer abgekühlten Vorlage eine Auflösung von Ammoniak in Wasser an, letztere hat daher den Trivialnamen Salmiakgeist*). Außerdem bildet sich dabei Chlorcalcium (Chlorkalium). Leitet man die Zersetzungsproducte hierbei durch ein mit Aetzkalistücken gefülltes Glasrohr, so kann man das Ammoniakgas wasserfrei auffammeln. Auch die Oxyde mancher schweren Metalle zersetzen sich beim Erhitzen mit Salmiak unter Bildung von Chlormetall, Wasser und Ammoniak (Anwendung des Salmiaks beim Löthen §. 90 ꝛc.).

Außer bei der trockenen Destillation von leimgebender Substanz und von Eiweißkörpern bildet sich kohlensaures Ammoniumoxyd auch noch bei der Fäulniß und Verwesung derselben Stoffe (§. 112), weshalb die Atmosphäre stets geringe Mengen jenes Salzes, welches gar keiner sehr hohen Temperatur bedarf, um verflüchtigt zu werden, herrührend aus der Fäulniß thierischer Cadaver, enthalten muß. — Auch der Harn enthält stickstoffhaltige Substanzen, aus denen sich bei seiner Fäulniß kohlensaures Ammoniumoxyd bildet, weswegen gefaulter Harn ebenfalls ein geeignetes Material zur Darstellung von kohlensaurem Ammoniumoxyd, Salmiak, Ammoniak ꝛc. im Großen bildet.

*) Das Gemenge von Salmiak und Kalkerde entwickelt schon in der Kälte Ammoniakgas, weshalb dasselbe durch den Geruch des letzteren den Aerzten als Belebungsmittel bei Ohnmachten ꝛc. gute Dienste leistet — Riechsalz.

§. 117.

Anilin und Toluidin.

(Benzol, Nitrobenzol.)

Es giebt noch eine große Anzahl stickstoffhaltiger organischer Substanzen, welche mit dem Ammoniak die charakteristische Eigenschaft theilen, unter Mitwirkung von Wasser als Salzbasen mit Sauerstoffsäuren zu Salzen und mit Wasserstoffsäuren für sich allein zu den Haloidsalzen ähnlichen Körpern zusammentreten zu können.

Viele dieser Substanzen lassen sich nur künstlich darstellen, und von diesen heben wir das im Steinkohlentheer (§. 44) enthaltene, in neuerer Zeit seiner technischen Anwendung wegen wichtig gewordene Anilin*) hervor.

Wird Steinkohlentheer der Destillation unterworfen, so steigt sein Siedepunkt fortwährend, und in der Vorlage sammeln sich in den verschiedenen Stadien des Processes ölartige Füssigkeiten von sehr verschiedenen Siedepunkten und specifischen Gewichten an. Die zuerst übergehenden, leichter flüchtigen, schwimmen auf Wasser (leichte Theeröle), die später übergehenden, schwerer flüchtigen, sinken darin unter (schwere Theeröle). Letztere enthalten neben vielen anderen Stoffen am meisten Anilin. Beim Schütteln derselben mit flüssiger Salzsäure geht in die wässerige Lösung salzsaures Anilin über, jedoch keineswegs nur dieses. Zur Reindarstellung des Anilins wird die erwähnte Lösung concentrirt und mit Kalihydrat versetzt. Dabei begiebt sich ein Oel auf die Oberfläche der Flüssigkeit, welches das durch Kali in Freiheit gesetzte Anilin enthält und letzteres bei der Destillation schon ziemlich rein liefert. Um es aber vollkommen rein zu erhalten, löst man das zuletzt erwähnte Destillat in einer heißen alkoholischen Lösung von Oxalsäure auf, aus welcher beim Erkalten das, durch Umkrystallisiren zu reinigende, oxalsaure Anilin sich ausscheidet. Wird letzteres durch Destillation mit Kali zersetzt, so erhält man in der Vorlage eine farblose, leicht bewegliche, ölartige, eigenthümlich riechende, bei 182° siedende, in Wasser etwas lösliche, giftige, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehende Flüssigkeit, welche das Anilin ist.

Benzol. Das Anilin läßt sich noch mit Hülfe einer anderen, im leichten Steinkohlentheeröl enthaltenen, Substanz darstellen. Auch diese

*) Diesen Namen hat die Substanz erhalten, weil sie früher durch Einwirkung von Kali auf Indigo (§. 39) dargestellt wurde, welcher vorzugsweise aus einer Pflanze gewonnen wird, die den botanischen Namen Indigofera Anil hat.

leichten Theeröle bilden ein Gemisch sehr verschiedener Stoffe, die zum Theil Basen, zum Theil Säuren, zum Theil endlich keins von beiden, sogenannte indifferente Stoffe sind. Die beiden erstgenannten Gruppen von Substanzen kann man durch Schütteln des Oels mit verdünnter Schwefelsäure und hierauf mit Kalilauge entfernen. Unterwirft man das so gereinigte Oel der Destillation, so steigt sein Siedepunkt ebenfalls von Zeit zu Zeit. Fängt man das bei ungefähr 80° Uebergehende besonders auf, so erhält man eine farblose, eigenthümlich riechende, nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende, auf Wasser schwimmende, darin unlösliche, in Alkohol und Aether lösliche, bei + 3° erstarrende Flüssigkeit, welche man, weil sie auch aus der später noch zu erwähnenden Benzoesäure durch Destillation mit Kalkerde dargestellt werden kann, Benzol oder Benzin genannt hat. — Diese Flüssigkeit löst Fette sehr leicht auf, weshalb sie im Großen, freilich in nicht reinem Zustande (enthält viel Toluol, s. u.), durch Destillation des Steinkohlentheers dargestellt wird und als Reinigungsmittel im Handel vorkommt. (Brönner'sches Fleckenwasser.)

Nitrobenzol. Erwärmt man Benzol in concentrirtem Salpetersäurehydrat so löst es sich darin auf. Beim Erkalten und namentlich beim Verdünnen mit Wasser sinkt in der Lösung eine gelbliche, schwere, dem später zu erwähnenden Bittermandelöl ähnlich riechende, giftige Flüssigkeit zu Boden. Dieselbe besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, enthält aber auf gleich viel Kohlenstoff weniger Wasserstoff als das Benzol. Ihrer Bildung liegt also eine theilweise Oxydation des Wasserstoffs im Benzol (zu Wasser) und ein Eintritt von Stickstoff und Sauerstoff aus der Salpetersäure zum Grunde. Sie hat den Namen Nitrobenzol*) und findet als Parfümeriemittel (Mirbanöl) Anwendung.

Bringt man Zink in Alkohol und fügt man so viel flüssige Salzsäure hinzu, daß eine deutliche Wasserstoffgasentwickelung beginnt, so hört dieselbe sofort auf, sowie man etwas Nitrobenzol hinzufügt. Die Bildung von Chlorzink schreitet dabei unausgesetzt fort, woraus folgt, daß der von dem Chlor abgeschiedene Wasserstoff in eine chemische Verbindung eintreten muß. Wendet man nur Zink, verdünnte Salzsäure und Nitrobenzol an, so verläuft, weil letzteres in der Flüssigkeit nicht wie im Alkohol löslich

---

*) Nitrum ist der pharmaceutische Name für Salpeter, acidum nitricum für Salpetersäure. Nitroverbindungen nennt man im Allgemeinen organische Stickstoffverbindungen, welche aus anderen organischen Substanzen unter Mitwirkung von Salpetersäure auf dieselbe oder ähnliche Weise, wie oben angegeben, entstehen.

ist, der Proceß nicht mit der Energie, die Verminderung des auftretenden Wasserstoffs ist deswegen nicht sichtbar, allein das Nitrobenzol verschwindet nach einiger Zeit, ein Beweis, daß der aus Zink und Salzsäure abgeschiedene Wasserstoff eine Umwandelung des Nitrobenzols bewirkt. In der That enthält die Flüssigkeit, nachdem letzteres vollständig verschwunden, außer Chlorzink nur salzsaures Anilin. Da nun das Anilin Kohlenstoff und Stickstoff genau in demselben Verhältniß enthält wie das Nitrobenzol, dagegen auf gleiche Mengen dieser Elemente mehr Wasserstoff, aber frei von Sauerstoff ist, so muß der erwähnte Proceß einfach so verlaufen, daß Wasserstoff im Momente, in welchem er aus der Salzsäure frei wird, einerseits mit dem Sauerstoff des Nitrobenzols zu Wasser und andererseits mit dem Rest desselben zu Anilin zusammentritt.

Das Nitrobenzol wird durch eine große Anzahl reducirender Substanzen in Anilin verwandelt, namentlich durch solche, welche Wasserstoff abgeben können, z. B. durch Schwefelwasserstoff, welcher in eine mit Ammoniak gesättigte alkoholische Lösung von Nitrobenzol eingeleitet wird, wobei sich Schwefel abscheidet.

Am raschesten geht die Umwandlung des Nitrobenzols in Anilin vor, sich, wenn man dasselbe mit Eisenfeilspähnen und verdünnter Essigsäure vermischt. Bei der Destillation dieser Mischung erhält man in der Vorlage ein Gemenge von Wasser und Anilin, aus welchem sich letzteres, nachdem es in das oxalsaure Salz übergeführt worden ist, wie oben angegeben, rein darstellen läßt. Der Rückstand in der Retorte enthält, wenn man zur Trockne destillirt hat, noch essigsaures Anilin, aus welchem man, nachdem es mit Wasser ausgezogen worden ist, bei der Destillation mit Kalkmilch noch mehr Anilin gewinnen kann.

Toluol und Nitrotoluol. Fängt man bei der Destillation der gereinigten leichten Theeröle, nachdem das Benzol übergegangen ist, die in höheren Temperaturen überdestillirenden Substanzen besonders auf, so erhält man bei etwa 110° einen dem Benzol ähnlichen, flüssigen Kohlenwasserstoff, welcher jedoch anders zusammengesetzt ist, nämlich auf gleich viel Kohlenstoff mehr Wasserstoff enthält, das Toluol*). Durch Salpetersäure entsteht aus demselben in ganz ähnlicher Weise wie das Nitrobenzol aus Benzol, das flüssige, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehende Nitrotoluol und aus letzterem durch reducirende

*) Diesen Namen hat die Substanz, weil sie auch durch trockene Destillation des Tolubalsams (§. 131) erhalten wird. Letzterer stammt von einem südamerikanischen Baume und wurde von Tolu, einer Hafenstadt am caraibischen Meere in Südamerika, benannt.

Substanzen das Toluidin, ein fester, bei 40,5° schmelzender, in höherer Temperatur siedender, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehender basischer Körper.

Wird ein Gemenge von Anilin mit Toluidin (aus dem Benzol des Handels dargestellt) mit gewissen Chlormetallen, z. B. Zinnchlorid, Quecksilberchlorid ꝛc. oder mit Sauerstoffverbindungen, z. B. salpetersaurem Quecksilberoxyd, Arseniksäure ꝛc. erwärmt, so entsteht unter Abscheidung von Metall (z. B. Quecksilber) oder Bildung einer niedrigeren Verbindungsstufe (z. B. Quecksilberchlorür, arseniger Säure), Salzsäure oder Wasser, wozu die beiden organischen Substanzen einen Theil ihres Wasserstoffs hergeben. Die Reste der Bestandtheile der beiden letzteren vereinigen sich zu einer neuen Basis (Rosanilin), welche mit Salzsäure oder der anderen Säure zusammentritt, beziehungsweise nach Hinzufügung einer solchen Säure sich damit vereinigt. Die so entstehenden Salze bilden prachtvoll rothe Farbstoffe, welche in neuerer Zeit zum Färben der Seide und Wolle sehr beliebt sind (Anilinroth, Fuchsin), und aus denen sich nach später ausführlicher zu besprechenden Methoden ebenso schöne blaue, violette, grüne und gelbe Farbstoffe darstellen lassen Anilinblau, Anilinviolett, Anilingrün, Anilingelb ꝛc. ꝛc.).

Reines Anilin und reines Toluidin bilden kein Anilinroth.

§. 118.

Natürliche Alkaloide.

Es kommen auch in Pflanzen Substanzen fertig gebildet vor, welche sich, wie das Ammoniak, mit Wasserstoffsäuren zu den Haloidsalzen ähnlichen Körpern und unter Mitwirkung von Wasser auch mit Sauerstoffsäuren verbinden lassen. Ihr Vereinigungsstreben zu den Säuren ist von ähnlicher Stärke wie das des Ammoniaks, wie denn auch ihre Lösungen in Alkohol schwach alkalisch reagiren. Man hat sie deshalb Alkaloide, d. h. den Alkalien ähnliche Substanzen, genannt.

Coniin. Destillirt man die zerquetschten Früchte des Schierlings (Conium maculatum) mit Natronlauge, so erhält man ein Destillat in der Vorlage, welches, außer einem öligen Körper, Ammoniak und eins der genannten Alkaloide, das Coniin, enthält. Neutralisirt man das alkalisch reagirende Destillat mit Schwefelsäure, so sondert sich die wässerige Lösung der beiden schwefelsauren Salze von dem leichteren Oel ab. Wird erstere für sich in gelinder Wärme bis zur Syrupsconsistenz eingedampft und der Rückstand mit einem Gemenge von Alkohol und Aether vermischt, so scheidet sich das schwefelsaure Ammoniumoxyd, das in Alkohol unlös-

lich ist, aus. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit enthält nun das schwefelsaure Coniin, dessen Basis für sich erhalten wird, wenn man den Aether und Alkohol in gelinder Wärme, zuletzt unter Wasserzusatz, entfernt und darauf die Flüssigkeit mit Natronlauge der Destillation unterwirft, wobei Wasser und darauf schwimmend wasserhaltiges Coniin übergehen. Um aus letzterem reines Coniin zu erhalten, wird mit Chlorcalcium geschüttelt, welches das Wasser zurückhält, und sodann von Neuem destillirt, jedoch, weil das Alkaloid beim Sieden an der Luft sich zersetzt, in einem vorher luftfrei gemachten Apparat.

Das Coniin ist eine farblose, in Wasser sehr wenig, in Alkohol leicht lösliche, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehende Flüssigkeit. Dasselbe ist, wie auch seine Salze, äußerst giftig; es kommt am reichlichsten in den Früchten, jedoch in geringerer Menge auch in den Blättern und Stengeln des Schierlings vor und ist die Ursache von der großen Giftigkeit derselben.

Werden die genannten Pflanzentheile für sich mit Wasser destillirt, so enthält das Uebergegangene kein Coniin, woraus hervorgeht, daß letzteres darin an eine Säure gebunden ist, von welcher es nur durch eine stärkere Basis (Natron) getrennt werden kann, so daß es übergeht, wenn mit einer solchen destillirt wird.

Nicotin. Auf ähnliche Weise wie aus dem Schierling kann man aus dem Tabak (Nicotiana) ein giftiges, flüssiges, in höherer Temperatur flüchtiges, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehendes Alkaloid, das Nicotin, erhalten. (In sehr geringer Menge ist dasselbe im Tabacksrauch enthalten.)

Es giebt in dem Pflanzenreiche auch Alkaloide, welche Sauerstoff enthalten und ohne Zersetzung zu erleiden nicht gasförmig gemacht werden können. Die Anzahl derselben ist sogar weit größer als die der sauerstofffreien, flüchtigen. Sie kommen sämmtlich in Verbindung mit organischen Säuren vor, welche meistens mit Kalkerde unlösliche Salze bilden und von denen später ausführlicher die Rede sein wird.

Atropin. In reichlicher Menge kommt ein solches Alkaloid, das Atropin, in der Wurzel der Tollkirsche (Atropa Belladonna) und im Stechapfelsamen vor. Man erhält dasselbe, wenn man die gepulverte Wurzel mit Alkohol behandelt und die Lösung mit Aetzkalk versetzt, wobei das Kalkerdesalz der Säure, an welche das Atropin in der Pflanze gebunden ist, niederfällt, während das Atropin mit etwas Kalkerde in Lösung bleibt. Beim Neutralisiren dieser Flüssigkeit mit Schwefelsäure entstehen schwefelsaures Atropin, welches auch dann noch in Lösung bleibt, und Gyps, der

in Alkohol völlig unlöslich ist und niederfällt. Die von dem Niederschlage getrennte Lösung wird nach Hinzufügung von Wasser so lange gekocht, bis aller Alkohol abdestillirt ist, und sodann mit einer Auflösung von kohlensaurem Kali versetzt, wobei unter Entweichung von Kohlensäure schwefelsaures Kali als lösliches Salz entsteht und Atropin (welches mit Kohlensäure sich nicht vereinigen kann) niedergeschlagen wird. Durch Umkrystallisiren aus alkoholischer Lösung reinigt man das Atropin. Dasselbe bildet farblose, seidenglänzende, prismatische Krystalle, es löst sich schwer in Wasser, leicht in Alkohol auf, schmeckt sehr übel und bitter und ist stark giftig. Es besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

Andere Alkaloide. Durch ähnliche Behandlungsweisen kann man aus gewissen Pflanzen noch eine große Anzahl anderer Alkaloide gewinnen; so aus dem Opium (eingetrocknetem Milchsaft des Mohns) das Morphin, Codein, Narcotin und Thebain; aus den Krähenaugen (Frucht von Strychnos Nux vomica) das Strychnin und Brucin; aus den verschiedenen Nachtschattenarten (Solanum; bei Solanum tuberosum nur aus den Keimen, wenn sie sich an dunkeln Orten entwickeln) das Solanin; aus der Chinarinde das Chinin und Cinchonin; aus der Ipecacuanhawurzel das Emetin; aus den verschiedenen Aconitumarten das Aconitin, aus dem Bilsenkraut (Hyoscyamus niger und albus, ebenfalls vorzüglich aus dem Samen) das Hyoscyamin; aus dem Wasserdost (Eupatorium cannabinum) das Eupatorin; aus den Pfefferarten das Piperin; aus den Kaffeebohnen und den Theeblättern das Kaffein (auch Theein genannt); aus den Cacaobohnen das Theobromin (Theobroma Cacao) &c. &c.

Sie sind alle feste Körper, in Alkohol meist leicht, in Wasser dagegen fast alle noch schwieriger löslich als das Atropin, und können aus ihren Lösungen bei gehöriger Concentration fast alle in Krystallen erhalten werden. Ihre Salze sind meistens in Wasser löslich und krystallisirbar.

Wird die Auflösung eines Salzes dieser basischen Körper mit Kali- oder Natronlauge vermischt, so wird die Basis ausgeschieden und fällt meistens zum größten Theil nieder, während das Alkali in Verbindung mit der Säure aufgelöst bleibt. Wendet man statt des Alkali's eine alkalische Erde an, so wird ebenfalls die Basis vollkommen ausgeschieden, bleibt aber dann fast ganz mit einem etwaigen Ueberschuß der Erde gemengt, woraus sie durch Alkohol ausgezogen werden kann. — Wird dagegen eine alkoholische Lösung einer Pflanzenbase zu einer Auflösung eines Salzes eines schweren Metalls gesetzt, z. B. eine Atropinlösung zu einer solchen von schwefelsaurem Eisenoxyd, so wird Eisenoxydhydrat ausgeschieden,

während sich die Pflanzenbase mit der Säure verbindet (schwefelsaures Atropin). — Haben sonach die Pflanzenbasen zwar eine schwächere Neigung, sich mit Säuren zu Salzen zu verbinden als die Alkalien und alkalischen Erden, so ist ihre Abweichung von denselben doch nicht sehr groß, und sie gleichen ihnen mitunter namentlich darin, daß sie die Oxyde der schweren Metalle im Streben, sich mit Säuren zu vereinigen, übertreffen.

Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, aber in verschiedenen relativen Verhältnissen; sie haben in der Regel einen widrigen scharfen oder bitteren Geschmack und sind giftig. Bemerkenswerth ist es, daß sie nicht über ganze Pflanzengruppen verbreitet sind, sondern immer nur einzelnen Geschlechtern, ja bisweilen, wie Coniin, einzelnen Arten angehören.

Die specifischen, giftigen oder heilkräftigen Wirkungen jener Pflanzen werden durch sie bedingt.

Dritte Gruppe:

Kohlenhydrate.

---

§. 119.

Stärkearten.

Amylum. Das in §. 108 erwähnte weiße Pulver, welches durch Wasser aus Weizenmehl mechanisch ausgewaschen werden kann, nennt man Amylum oder vorzugsweise Stärke. Dasselbe ist in kaltem Wasser vollständig unlöslich; beim Erhitzen mit wenig Wasser bildet es eine klebende Gallerte (Kleister), welche beim Trocknen hornartig spröde wird, in vielem heißen Wasser sich aber vollständig auflöst.

Die Stärke besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und zwar enthält sie 8 mal so viel Sauerstoff als Wasserstoff, also diese beiden Elemente genau in dem Verhältniß, in welchem sie Wasser bilden (§. 19). Deshalb nennt man sie ein Kohlenhydrat, ohne damit übrigens bezeichnen zu wollen, daß sie eine Verbindung von Kohlenstoff mit fertig gebildetem Wasser sei.

Wird festes oder aufgelöstes Jod mit kleisterartiger oder aufgelöster Stärke zusammengebracht, so verbinden sich beide zu einem tief blau gefärbten festen Körper.

Concentrirte Säuren zersetzen die Stärke. Mäßig concentrirte Salpetersäure giebt beim Erhitzen damit Sauerstoff an den Kohlenstoff der Stärke ab und erzeugt Oxalsäure, während sie selbst in salpetrige Säure verwandelt, und aus dem Wasserstoff und Sauerstoff der Stärke Wasser gebildet wird.

Wird Stärke in einer concentrirten Kalilauge zerrieben, so gesteht die Flüssigkeit zu einer gallertartigen Masse, welche sich leicht in Wasser auflöst und bei Zusatz einer Säure die Stärke unter Bildung eines Kalisalzes unverändert fallen läßt. — In Kalkwasser erzeugt eine wässerige Stärkelösung einen weißen Niederschlag, welcher eine Verbindung der Stärke mit Kalkerde ist. — In ihrem Streben Verbindungen einzugehen ahmt die Stärke demnach die Säuren nach.

Die Stärke gehört zu den verbreitetsten Körpern im Pflanzenreiche; — fast in jedem aus irgend einer Pflanze ausgepreßten Safte setzt sie sich in der Ruhe ab (Satzmehl), und ganz frei von derselben möchte vielleicht kein Pflanzentheil sein. Am reichlichsten jedoch ist sie in den Samen der Gramineen, in den Hülsenfrüchten, in manchen Wurzeln, z. B. in den Kartoffeln, in den Zwiebeln der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale), in der westindischen Pfeilwurzel (woraus sie als Arrow-root gewonnen wird), endlich in dem Marke gewisser Palmen (Sago) enthalten.

Inulin und Moosstärke. Die Wurzeln von Inula Helenium, der Georginen (Dahlia variabilis), ferner von der Cichorie (Cichorium Intybus), von Leontodon Taraxacum und die Erdäpfel (Topinambour) Helianthus tuberosus rc. einerseits, sowie manche Flechten, z. B. das isländische Moos, andererseits enthalten eigenthümliche, von einander, wie vom Amylum abweichende Stärkearten. Beide haben genau dieselbe Zusammensetzung wie Amylum, sind in kaltem Wasser unlöslich, in siedendem aber leichter löslich als Amylum; beide vereinigen sich mit Jod, die erstere, das Inulin (auch Dahlin), zu einem braunen, die letztere, die Moosstärke, zu einem gelben Körper.

§. 120.

Gummi, Pflanzenschleim, Stärkegummi, Pectin.

Gummi. Aus manchen Pflanzen, z. B. den Steinobstbäumen, vielen Acacien rc. fließt bei Verletzungen der Rinde ein dicklicher Saft aus, der an der Luft zu einer glasartig glänzenden, getropften, auf den Bruch-

flächen muscheligen, mehr oder weniger gelb gefärbten Masse eintrocknet — Gummi —, welche in Wasser löslich, in Alkohol unlöslich ist und sich mit Salpetersäure ähnlich wie die Stärke zersetzt. Im letzteren Falle bildet sich zwar wenig Oxalsäure, aber eine weiße, schwach sauer schmeckende, in Wasser schwer lösliche, pulverförmige Substanz, welche leicht mit Basen Verbindungen eingeht und Schleimsäure heißt.

Gummi verhält sich gegen Salzbasen ähnlich wie Stärke.

Das arabische Gummi kommt von verschiedenen Acacienarten aus Arabien und Aegypten, das Taganthgummi von einem türkischen Strauche, Astragalus creticus.

Pflanzenschleim. Viele Gummiarten z. B. das der Kirschbäume, lösen sich in Wasser nicht vollständig auf, sondern hinterlassen eine im Wasser aufgequollene schleimige Materie, welche nach dem Trocknen eine harte und spröde Masse bildet, und in Wasser wiederum aufquillt, ohne sich jedoch darin zu lösen. Diese Materie heißt Pflanzenschleim. Das von ihr abfiltrirte Wasser enthält reines Gummi, welches durch Abdampfen daraus gewonnen werden kann. Diese Gummiarten sind demnach ein Gemenge von reinem Gummi und Pflanzenschleim.

Gummi und Pflanzenschleim sind beide Kohlenhydrate und ebenso zusammengesetzt wie die Stärke, ersteres enthält jedoch noch Wasser, welches in einer Temperatur von 130° daraus entweicht.

Stärkegummi. Erhitzt man trockene Stärke längere Zeit auf 150 bis 160°, so verwandelt sie sich, ohne ihre Zusammensetzung zu ändern, in eine gelbe, durchsichtige, gummiartige, in Wasser leicht lösliche, in Alkohol unlösliche Masse — Stärkegummi. Dieselbe Umwandlung erleidet die Stärke unter dem Einfluß verdünnter Säuren, eine Thatsache, welche jetzt vorzugsweise benutzt wird, um aus Stärke ein Ersatzmittel des theueren arabischen Gummis zu bereiten für die Anwendung zum Befestigen von Farben auf Zeugen und Tapeten, zum Steifen und Appretiren von Zeugen, zu Mundleim ꝛc. Zu diesem Zwecke befeuchtet man Stärke mit Wasser, welches etwa 2 Proc. Salpetersäurehydrat enthält, und erhitzt die hierauf an der Luft getrocknete Masse auf 110°. Man erhält so ein vollkommen weißes, äußerlich von der Stärke nicht zu unterscheidendes, aber in Wasser lösliches Product.

Pectin. Wir erwähnen hier noch eine Substanz, die, obwohl sie kein Kohlenhydrat ist, sondern neben Kohlenstoff und Wasserstoff mehr Sauerstoff enthält als erforderlich, um mit letzterem Wasser zu bilden, doch dem Gummi nicht unähnlich ist, nämlich das Pectin, welches mit Wasser eine Gallerte bildet und einen Hauptbestandtheil aller fleischigen Früchte

und Wurzeln ausmacht. Man erhält dasselbe z. B. aus dem durch Kochen von Eiweiß befreiten Safte der Aepfel beim Zumischen von Alkohol, wodurch es in Gestalt einer Gallerte niedergeschlagen wird.

§. 121.

Zucker.

Eine große Anzahl von Pflanzen enthält süß schmeckende Säfte, so die Mohrrübe, das Holz des Ahorns, die meisten Obstarten, aber keine ist daran so reich wie die Runkelrübe (Beta vulgaris) und das den heißeren Gegenden der Erde eigenthümliche Zuckerrohr (Saccharum officinarum).

Rohrzucker. Die letztgenannte Pflanze enthält gegen 90 Procent dem Gewichte nach Saft, der nach dem Auspressen beim Kochen etwas Eiweiß absetzt. Da er außerdem saure Salze enthält, so kocht man ihn in großen Pfannen mit Kalk, bis die entstandenen unlöslichen Kalksalze mit dem coagulirten Eiweiß und dem überschüssig angewandten Kalk ein schmutzig grünes Magma bilden, welches theils als Schaum an die Oberfläche steigt und mit Löffeln entfernt wird, theils so zu Boden sinkt, daß die Flüssigkeit klar davon abgezapft werden kann. Letztere setzt, wenn das Kochen lange genug gedauert hat, beim Erkalten einen festen, krystallinischen, süß schmeckenden, leicht in Wasser löslichen Körper ab, der noch durch einen Farbstoff gelb oder braun gefärbt erscheint und unter dem Namen Rohzucker aus den überseeischen Colonien in großen Massen in Europa eingeführt wird, wo man ihn durch Raffination in feinen Zucker umwandelt.

Letztere besteht darin, daß man den Rohzucker von Neuem auflöst, die gelb oder braun gefärbte Lösung mit Kohlenpulver und Blut (dessen coagulirendes Eiweiß eine Klärung bewirkt(kocht und nachher die Flüssigkeit, um sie vom Farbstoff zu befreien, durch Kohle filtrirt. Die klare Flüssigkeit setzt dann, nachdem sie bis zu einem bestimmten Grade concentrirt worden ist, den Zucker entweder in schön ausgebildeten Krystallen (Kandiszucker) ab, wenn sie sich selbst in Ruhe überlassen bleibt, oder als ein Aggregat kleiner krystallinischer Stückchen (Meliszucker *), wenn sie durch öfteres Rühren (in eigenen konischen Formen, Hutformen) in Bewegung erhalten wird.

*) Der Name Meliszucker (Saccharum melitense) kommt von Malta (Lat. Melita), wo das Zuckerrohr im zwölften Jahrhundert von den Arabern aus Ostindien eingeführt wurde, und von wo (nebst von Aegypten und Sicilien) vor der Entdeckung von Amerika Europa fast ausschließlich Zucker erhielt.

Der Zucker ist in reinem Zustande farblos und von rein süßem Geschmack; er löst sich leicht in Wasser und Weingeist.

Der Rohrzucker ist ein Kohlenhydrat und enthält auf gleich viel Kohlenstoff mehr Wasserstoff und Sauerstoff als die Stärke.

Bei 160° schmilzt er und verliert, wenn er längere Zeit in dieser Temperatur bleibt, seine krystallinische Beschaffenheit (Gerstenzucker); bei 210° wird er unter Abgabe von Wasser braun (Caramel).

Traubenzucker. In den süßen Obstsäften, namentlich in den Weintrauben, ferner im Honig ist ein krystallisirbarer Zucker, — Traubenzucker, Glycose, Krümelzucker, — enthalten, der sich von dem Rohrzucker in einigen wesentlichen Punkten unterscheidet. Aus dem Safte von Trauben erhält man ihn in ähnlicher Weise, wie den Rohrzucker aus dem Zuckerrohrsafte, allein er enthält dann stets noch eine nicht krystallisirbare Zuckerart und mitunter auch noch Rohrzucker beigemengt. Ist letzterer vorhanden, so hat die Reinigung des Traubenzuckers große Schwierigkeit, von dem nicht krystallisirbaren Zucker befreit man ihn durch Ausziehen mit kaltem Alkohol, worin dieser leichter löslich ist als der Traubenzucker. Krystallisirt man letzteren alsdann aus heißem Alkohol um, so erhält man ihn in nadelförmigen Krystallen, welche weniger süß schmecken als Rohrzucker, in kaltem Wasser auch weniger leicht löslich sind als dieser und kein Krystallwasser enthalten. — Aus Honig kann man den Traubenzucker auf dieselbe Weise darstellen. Er ist ein Kohlenhydrat, enthält jedoch auf gleichviel Kohlenstoff noch mehr Wasserstoff und Sauerstoff als Rohrzucker. Aus wässeriger Lösung krystallisirt er in körnigen, krümeligen Massen mit Krystallwasser, das er bei 100° verliert.

Besonders interessant ist, daß sich Stärke und Rohrzucker leicht in Traubenzucker verwandeln lassen, wobei der chemische Proceß lediglich in einer Aufnahme von Wasserstoff und Sauerstoff besteht.

Läßt man nämlich in verdünnte kochende Schwefelsäure mit Wasser angerührte Stärke in einem dünnen Strahle einfließen, so löst dieselbe sich ziemlich rasch auf. Nach einigem ferneren Kochen wird die Flüssigkeit durch Jodlösung nicht mehr blau gefärbt, ein Beweis, daß alsdann keine Stärke mehr vorhanden ist. Ein starker Zusatz von Alkohol erzeugt in der Lösung zuerst noch einen Niederschlag von Stärkegummi (S. 176). Nach längerem Kochen wird die Flüssigkeit auch nicht mehr durch Alkohol gefällt, das Gummi ist dann ebenfalls in Traubenzucker verwandelt worden, denn, wenn nun mit Kreide neutralisirt, vom niedergefallenen Gyps abfiltrirt, eingedampft und der dabei gelb oder braun gewordene Syrup durch Kohle filtrirt wird, so erhält man eine farblose Flüssigkeit, aus wel-

cher Traubenzucker auskrystallisirt. — Außer durch Kochen mit verdünnten Säuren kann die Stärke auch durch einen Stoff, der bei der Keimung des Getreides, wahrscheinlich aus dessen Eiweißkörpern, entsteht, durch die sogenannte Diastase, zuerst in Gummi und sodann in Traubenzucker verwandelt werden. Läßt man angefeuchtetes Getreide keimen (Malz), hemmt man darauf die weitere Entwickelung des Keims durch Trocknen (an der Luft = Luftmalz, oder durch künstliche Wärme = Darrmalz), zerquetscht man die Körner (Malzschrot) und läßt man sie dann mit Wasser von ungefähr 75° einige Zeit stehen, so geht die Stärke rasch in Traubenzucker über. Höhere Temperatur, namentlich Siedhitze zerstört die Fähigkeit der Diastase, das Gummi weiter in Zucker zu verwandeln. Die in den Kartoffeln enthaltene Stärke kann ebenfalls in Traubenzucker übergeführt werden, wenn man die gekochten und zerkleinerten Knollen mit Malz in der angegebenen Weise anbrüht. (Allmäliger Uebergang der Stärke des Samenkorns in Gummi und Zucker bei der Fortentwickelung des Keims zur wirklichen Pflanze.)

In ähnlicher Weise wie die Diastase vermag auch der Speichel und der Saft der Bauchspeicheldrüse die Stärke in Traubenzucker zu verwandeln, ein Umstand, der für die Verdauung stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel von großer Wichtigkeit ist, insofern derselbe erklärt, wie die Stärke dabei in einen löslichen Körper übergeht.

Bei gewissen Krankheiten, namentlich bei der Zuckerruhr (Diabetes mellitus), enthält der menschliche Harn Traubenzucker.

Dasselbe Gemenge von Traubenzucker und nicht krystallisirbarem Zucker, welches, wie oben angegeben, in vielen Früchten vorkommt, entsteht auch aus dem Rohrzucker beim Sieden desselben mit verdünnten Säuren, ja schon bei längerem Kochen seiner reinen wässerigen Lösung, — umgewandelter Rohrzucker, Invertzucker, Fruchtzucker. — Letztere Thatsache ist Ursache, daß bei der Darstellung des Rohzuckers, sowie bei dessen Raffination stets eine gewisse Menge Zucker als unkrystallisirbar in der Mutterlauge (Melasse, Syrup) zurückbleibt, um so mehr, als auch der Invertzucker die Fähigkeit des noch nicht umgewandelten Rohrzuckers zu krystallisiren beeinträchtigt. — Der im Invertzucker enthaltene, nicht krystallisirbare, überhaupt nicht in festem Zustande darstellbare Zucker, der sogen. Schleimzucker, läßt sich als ein farbloser Syrup erhalten, wenn man gelöschten Kalk in die Lösung des Invertzuckers einträgt, worauf sich eine Verbindung von Traubenzucker mit Kalkerde auflöst, während eine solche von Schleimzucker mit Kalkerde in dem unlöslichen Rückstande bleibt. Dieser wird dann mit der Auflösung einer geeigneten Menge von Oxalsäure

versetzt, welche unlösliche oxalsaure Kalkerde bildet, so daß der Schleimzucker in Lösung gehen und durch Abdampfen im Wasserbad für sich erhalten werden kann. Seiner Zusammensetzung nach stimmt der Schleimzucker ganz mit dem Traubenzucker überein.

Milchzucker. Wird in frischer Milch das Casein durch Lab coagulirt (§. 110) und die Flüssigkeit nach dem Filtriren durch Einkochen bis zu einem bestimmten Grade concentrirt, so schießt daraus ein weißer, krystallisirter, schwach süß schmeckender Körper an, welcher die Ursache des süßlichen Geschmackes der Milch ist, — Milchzucker. Derselbe hat die Zusammensetzung des Rohrzuckers, enthält jedoch noch Krystallwasser, welches er bei 140° verliert.

§. 122.

Pflanzenfaser.

Wird irgend ein fester Pflanzentheil längere Zeit und nach einander mit siedendem Wasser, Alkohol, Aether, verdünnter Kalilauge und verdünnten Säuren behandelt, so wird er, wie aus den vorhergegangenen Betrachtungen folgt, von allen organischen Salzen, Basen, Fetten, Farbstoffen, Eiweiß, Stärke, Zucker &c. &c. befreit.

Es bleibt dann in der Regel ein amorpher, undurchsichtiger, farb-, geruch- und geschmackloser Körper zurück, den man mit dem Namen Holzfaser oder Pflanzenfaser (Cellulose) bezeichnet. Derselbe bildet in den lebenden Pflanzen das Skelett, d. h. die Wandungen der zahlreichen, meist mikroskopisch-kleinen, hohlen Gefäße, welche, theils von kugeliger, ellipsoidischer oder polyedrischer, theils von cylindrisch-röhriger Gestalt, dicht gedrängt und innig mit einander verwebt, den ganzen Pflanzenkörper constituiren. Die übrigen oben erwähnten Stoffe sind in jenen Gefäßen entweder, wie z. B. die Stärke, in fester Form abgelagert, oder, wie z. B. der Zucker, in aufgelöster Form vorhanden.

Baumwolle und Flachs, und ebenso reines Papier sind fast ganz reine Pflanzenfaser. Ihre Zusammensetzung stimmt genau mit der der Stärke überein.

Taucht man ungeleimtes Papier einige Secunden lang in etwas verdünnte Schwefelsäure und wäscht mit Ammoniak enthaltendem Wasser aus, so verwandelt sich dasselbe, ohne seine Zusammensetzung zu ändern, in eine zähe, hornartig durchscheinende Masse, durch welche Wasser nicht durchfiltrirt. Pergamentpapier.

Bei längerer Einwirkung löst Schwefelsäurehydrat die Pflanzenfaser auf, und letztere verwandelt sich, wenn die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt und gekocht wird, in Traubenzucker.

Salpetersäurehydrat erzeugt aus der Pflanzenfaser Nitroverbindungen (§. 117), welche in der Hitze sich unter heftigen Explosionen zersetzen. — Taucht man Baumwolle in ein Gemenge von Schwefelsäurehydrat und Salpetersäurehydrat einige Minuten lang ein, wäscht aus und trocknet, so verwandelt sich dieselbe, ohne ihre Gestalt zu verändern, in die Schießbaumwolle genannte Nitroverbindung, welche in manchen Fällen als Surrogat für Schießpulver dienen kann.

Zersetzungsproducte der Kohlenhydrate.

§. 123.

Alkohole.

Aethylalkohol. Eine reine Auflösung von Traubenzucker verändert sich nicht, wird ihr aber ein vegetabilischer oder animalischer Eiweißkörper (Ferment) zugesetzt, so beginnt in derselben, wenn die Luft, wenigstens im Anfang, Zutritt hat und die Temperatur nicht niedriger als 5° ist, eine Kohlensäureentwickelung, deren Lebhaftigkeit mit der Temperatur zunimmt. Außer Kohlensäure bilden sich dabei, falls die Temperatur 25° nicht übersteigt, reichliche Mengen einer neuen Substanz, über deren Darstellung im reinen Zustande das Nachfolgende Aufschluß giebt. (In höherer Temperatur entstehen leicht weitere Zersetzungsproducte.)

Wird die Flüssigkeit nach dem Aufhören aller Gasentwickelung der Destillation unterworfen, so erhält man in der Vorlage eine farblose Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch und Geschmack, welche beim Genusse in geringeren Mengen Aufgeregtheit, in größeren Bewußtlosigkeit zur Folge hat (berauschend wirkt). (Branntewein.)

Bei einer zweiten Destillation dieser Flüssigkeit erhält man zuerst ein Destillat, welches die nämlichen Eigenschaften in noch höherem Grade besitzt, aber noch lange vor Beendigung der Destillation ist in der Retorte nur Wasser.

Das zweite Destillat kann man auf dieselbe Weise (durch unterbrochene fractionirte Destillation) in ein drittes und in Wasser zerlegen u. s. f., bis man endlich ein Destillat erhält, aus welchem man auf solche Art kein Wasser mehr abzuscheiden vermag. Läßt man letzteres jedoch mit einer Wasser entziehenden Substanz, z. B. mit Potasche, einige Tage unter öfterem Umschütteln zusammen stehen, so hält dieselbe bei darauf folgender Destillation doch noch eine gewisse Menge Wasser zurück, und es geht nun erst eine Flüssigkeit über, aus der auf keine Weise mehr mechanisch beigemengtes Wasser abgeschieden werden kann. — Weinalkohol, Aethylalkohol (αἰθήρ, Luft, sodann das Feinste, Dünnste, und ὕλη,

Stoff) oder vorzugsweise Alkohol. — Die früheren Destillate waren also alle Gemische von Alkohol mit Wasser.

Wasserfreier Alkohol hat einen brennenden, scharfen Geschmack und kann beim Genusse den Tod bewirken; bei 78,4° geräth er in volles Sieden und condensirt sich in der Kälte unverändert, nimmt aber in der größten künstlichen Kälte, welche man zu erzeugen vermag, den festen Aggregatzustand nicht an. An der Luft angezündet verbrennt er mit schwach leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser.

Alkohol hat im Allgemeinen das Vermögen, viele feste Stoffe aufzulösen, z. B. Aetzkali, weicht jedoch hierbei im Einzelnen sehr vom Wasser ab, indem er manche Stoffe auflöst, die in Wasser ganz unlöslich sind, z. B. Harze (§. 131), andere, wie Jod, in größeren Mengen als das Wasser aufnimmt und endlich auch noch andere, in Wasser leicht lösliche Substanzen gar nicht oder nur in geringer Menge auflöst, z. B. schwefelsaures Natron, Kochsalz. Uebrigens wächst die Menge, welche Alkohol von einem Stoffe aufzunehmen vermag, wie beim Wasser, meistens mit seiner Temperatur, und eine in der Wärme gesättigte Auflösung scheidet beim Erkalten einen bestimmten Theil, häufig in Krystallen, wieder aus. Auflösungen von organischen Substanzen in Alkohol pflegt man Tincturen zu nennen.

Das specifische Gewicht des absoluten Alkohols ist 0,7939; — beim Vermischen mit Wasser (Weingeist) wird es erhöht. Es beträgt z. B. das specifische Gewicht

einer Mischung	von	90	Raumthln.	Alkohol	und	10	Raumthln.	Wasser	0,8332
„	„	80	„	„	„	20	„	„	0,8631
„	„	70	„	„	„	30	„	„	0,8892
„	„	60	„	„	„	40	„	„	0,9126
„	„	50	„	„	„	50	„	„	0,9335

ꝛc. ꝛc. — Eine solche Zusammenstellung, welche übrigens noch viel ausführlicher in allen größeren Handbüchern der Chemie gefunden werden kann, läßt sich benutzen, um in einer Mischung von Alkohol und Wasser das Volumenverhältniß beider blos durch Ausmittelung des specifischen Gewichtes zu bestimmen. (Branntweinprobe nach Tralles.)

Der Alkohol besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; mit dem Traubenzucker verglichen, enthält er auf gleich viel Wasserstoff weniger Kohlenstoff und Sauerstoff, und zwar verhält sich dieses Weniger an Sauerstoff zu dem Weniger an Kohlenstoff wie 16:6. Der Traubenzucker verliert also beim Uebergange in Alkohol Kohlenstoff und Sauerstoff genau in dem Verhältniß, in welchem sie Kohlensäure bilden (§. 41). Bei dem ge-

schilderten Zersetzungsproceß des Traubenzuckers, — **Gährung** —, zerfällt demnach der Zucker geradeauf in Alkohol und Kohlensäure.

Man kann aus Alkohol und Kohlensäure keinen Zucker machen, überhaupt kennt man keine Thatsache, welche die Vermuthung veranlassen könnte, daß im Zucker Alkohol und Kohlensäure etwa auf die Weise fertig gebildet und chemisch mit einander verbunden seien, wie Schwefelsäure und Kali im schwefelsauren Kali, und muß daher annehmen, daß während der Gährung erst eine wirkliche Erzeugung derselben aus den Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstofftheilchen des Zuckers stattfindet, daß sie, wie man sagt, Zersetzungsproducte des Zuckers seien.

Der Schleimzucker und daher auch der Invertzucker (S. 179) können unter denselben Bedingungen wie der Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure zerfallen, weshalb alle zuckerhaltigen Obstsäfte, z. B. von Weintrauben, Aepfeln, Stachelbeeren 2c., welche außer Zucker stets auch eine hinlängliche Menge vegetabilischen Eiweißes enthalten, bei Luftzutritt in gewöhnlicher Temperatur unter Kohlensäureentwickelung in Gährung gerathen und alkoholische Flüssigkeiten, Weine, erzeugen. Diese verdanken außerdem einen großen Theil ihres Geschmacks und Geruchs (Aroma) mancherlei anderen Substanzen, welche in dem Pflanzensafte schon fertig gebildet sind oder erst während der Gährung entstehen.

Obgleich Alkohol und Kohlensäure bei der Gährung lediglich aus dem Traubenzucker entstehen, so geht eine Auflösung des letzteren doch nie in Gährung über, wenn nicht die am Anfange des §. erwähnten Eiweißkörper vorhanden sind. Die Ursache der Gährung ist übrigens auch das Eiweiß nicht, sondern eine mikroskopisch kleine, aus einzelnen ellipsoidischen Zellen bestehende Pflanze, — Hefekügelchen, Hefezellen. — Die außerordentlich kleinen Keime der letzteren (Sporen) finden sich überall in der Luft vor; treten dieselben zu einer gährungsfähigen, Zucker und Eiweiß enthaltenden Flüssigkeit, so entwickeln sie sich rasch auf Kosten des Eiweißes und auch eines gewissen kleinen Theils des Zuckers zu ausgebildeten Zellen, welche sich, so lange jene Stoffe vorhanden sind, durch Knospung fortpflanzen, aber sehr bald wieder absterben. Der ganze Verlauf dieses Vegetationsprocesses ist die Bedingung für das Zerfallen des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure. Der ursachliche Zusammenhang der beiden Vorgänge ist übrigens noch nicht vollkommen aufgeklärt. — Die bei der Gährung sich abscheidende Hefe (Bärme), ein Aggregat von lauter einzelnen Hefezellen, hat die Fähigkeit in zuckerhaltigen Flüssigkeiten die Gährung besonders rasch hervorzurufen.

Wir haben in §. 121 gesehen, daß, wenn gemalztes Getreide oder mit Malz vermischte Kartoffeln mit Wasser von 75° angebrüht werden (eine Operation, die man Einmaischen nennt), sich die Stärke jener Stoffe unter dem Einfluß der Diastase zuerst in Stärkegummi und später in Traubenzucker verwandelt. Läßt man diese Masse — bis auf etwa 19° — abkühlen, so tritt nach Zusatz von Hefe (Stellen) Gährung ein, nach deren Vollendung Branntewein abdestillirt werden kann. Man kann aus eingemaischtem Getreide auch Bier erzeugen. Dann werden, um einen Theil des Stärkegummis als solches im Bier zu erhalten, einzelne Portionen der Masse zum Sieden erhitzt und der Hauptmenge wieder zugefügt. Hierauf läßt man die Würze klar von den Trebern ab, kocht sie mit Hopfen, kühlt ab (jedoch stärker als bei der Branntweinbereitung, auf 7 bis 15°, je nach der Temperatur des Gährlokales und der Art des zu bereitenden Biers) und stellt mit Hefe. Die ausgegohrene von der Hefe gesonderte Flüssigkeit stellt dann das Bier vor.

Milchzucker ist direct nicht gährungsfähig, allein in Auflösungen mit Hefe versetzt, geht er allmälig in eine gährungsfähige Zuckerart über, wenigstens liefert er dann unter langsamer Kohlensäureentwickelung alkoholhaltige Flüssigkeiten, welchen Gährungsproceß manche morgenländische Völker benutzen, um aus Milch geistige Getränke zu verfertigen. Rohrzucker kann auch nicht unmittelbar in Gährung übergehen, er wird jedoch in Berührung mit Hefe, wie durch längeres Kochen mit Wasser, in den gährungsfähigen Invertzucker verwandelt.

Daß der Alkohol beim Sieden mit in geeigneter Weise verdünnter Schwefelsäure in schweres Kohlenwasserstoffgas und Wasser zerlegt werden kann, wurde bereits in §. 42 gelehrt. Von jedem Gewichtstheil Alkohol erhält man dabei 0,39 Theile Wasser, das Uebrige bildet den Kohlenwasserstoff. Es sind diese beiden letzten Körper übrigens Zersetzungsproducte des Alkohols und nicht etwa bereits in demselben fertig gebildet.

Es giebt noch eine große Anzahl von aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden, dem Alkohol sehr ähnlichen Substanzen, welche bei verschiedenen Zersetzungsprocessen organischer Körper entstehen und im Allgemeinen Alkohole genannt werden.

Holzalkohol. Einer derselben entsteht bei der trockenen Destillation des Holzes und ist in der rohen Holzsäure (§. 93) enthalten, — Holzalkohol, Holzgeist, Methylalkohol (*μέθυ*, berauschendes Getränk und *ὕλη* Stoff). — Er wird erhalten, wenn man die Säure mit Kalkerde neutralisirt und fractionirt destillirt, wobei er zuerst übergeht; er ist ein

flüssiger Körper, brennbar, enthält auf gleichviel Sauerstoff weniger Kohlenstoff und Wasserstoff als der Weinalkohol und siedet bei 61°.

Amylalkohol. Ein anderer Alkohol, welcher auf gleichviel Sauerstoff mehr Kohlenstoff und Wasserstoff enthält als der Aethylalkohol, entsteht ebenfalls, freilich in geringer Menge, bei der Gährung von Kartoffelbranntweinmaische, Amylalkohol (weil der in dieser Maische gährende Traubenzucker aus Amylum entsteht). Wird der Branntewein abdestillirt, so geht mit den letzten Portionen eine milchige Flüssigkeit über, auf welcher sich in der Ruhe eine ölige Masse sammelt, die unreiner Amylalkohol ist. Durch Waschen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron und sodann mit Wasser und durch fractionirte Destillation, wobei das bei 132° Uebergehende besonders aufgefangen wird, erhält man ihn rein. Er ist eine farblose Flüssigkeit von durchdringendem, widrigem, zum Husten reizendem Geruch und brennendem Geschmack, wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Weinalkohol, giftig, an der Luft mit stark-leuchtender Flamme brennbar, und hat auch den Namen Fuselöl. — In geringer Menge ist er auch in dem Kartoffelbranntewein selbst enthalten. Pulver von ausgeglühter Holzkohle, namentlich wenn ihm etwas Braunstein beigemengt ist, hat die Fähigkeit den Amylalkohol aus dem Branntewein auszufällen. (Entfuselung des Branntweins.)

§. 124.

Aetherarten.

Man kann durch Zusammenerhitzen von Schwefelsäure und Alkohol noch andere Producte erhalten, als in §§. 42 und 123 angegeben ist.

Aethyläther. Vermischt man nämlich ungefähr 22 Raumtheile Schwefelsäurehydrat, 8 Raumtheile Wasser und 25 Raumtheile absoluten Alkohols*) miteinander in einer tubulirten Retorte, durch deren Tubulus eine in die Flüssigkeit tauchende Trichterröhre und ein Thermometer hindurchgehen, und erhitzt man das Gemenge, so siedet es bei 140°. Wirkt man dahin, daß das Gemenge diesen Siedepunkt beständig beibehält, indem man durch die Trichterröhre Alkohol nachfließen läßt, sobald der Siedepunkt zu steigen beginnt, so destilliren in eine abgekühlte Vorlage zwei Lagen von Flüssigkeiten über, die sich nicht mit einander vermischen.

Die unterste dieser Lagen ist Wasser und enthält in der Regel noch etwas unveränderten Alkohol aufgelöst.

---

*) Genauer 2 Raumtheile Wasser, 5,4 Raumtheile Schwefelsäurehydrat und 6,3 Raumtheile Alkohol.

Die oberste Lage dagegen bildet eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruche; sie siedet schon bei 34,5°, nimmt aber in keiner noch so niedrigen Temperatur den festen Aggregatzustand an; sie hat den Namen Aethyläther oder vorzugsweise Aether (Naphta, Schwefeläther). — Eingeathmeter Aetherdampf wirkt berauschend.

An der Luft läßt sich der Aether durch einen brennenden Körper, selbst aus einiger Entfernung, leicht entzünden, und verbrennt dann mit leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Er besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Außer Aether und Wasser entsteht bei dem erwähnten Versuche fast nichts, und in der Retorte bleibt die verdünnte Schwefelsäure kaum verändert zurück. Jeder Gewichtstheil Alkohol zerfällt dabei in 0,80 Theile Aether und 0,20 Theile Wasser, liefert also 0,19 Theile Wasser weniger, als wenn er in Leuchtgas und Wasser zersetzt wird (§. 123), dagegen eben dieselben 0,19 Theile Aether mehr als in jenem Falle Kohlenwasserstoff gebildet wird.

Aus Aether und Wasser läßt sich unter gewissen Bedingungen, welche später ausführlicher erwähnt werden sollen, Alkohol wiederherstellen.

Man kann deswegen den Alkohol als aus Aether und Wasser zusammengesetzt ansehen.

Aethergas explodirt beim Verbrennen mit reinem Sauerstoff äußerst heftig.

Aether schwimmt auf Wasser, ohne sich damit zu vermischen; wird er damit geschüttelt, so vertheilt er sich darin in viele kleine Tröpfchen, deren aber keines mit dem Wasser zusammenfließt. In der Ruhe scheiden sich beide Flüssigkeiten wieder von einander. Der Aether löst dabei nur wenig Wasser und das Wasser ebenfalls nur wenig Aether auf. — Mit Alkohol läßt sich der Aether vermischen, Wasser zieht jedoch aus dem Gemische den Alkohol wieder aus und scheidet den Aether ab.

Ueber das Auflösungsvermögen des Aethers gilt Aehnliches wie über das des Alkohols; er löst z. B. Fette leicht auf, welche weder von Wasser noch so leicht von Alkohol aufgenommen werden (Anwendung als Reinigungsmittel); auch Schwefel und Phosphor löst er in geringer Menge auf.

Holzgeist und Amylalkohol können beim Sieden mit Schwefelsäurehydrat ebenfalls in Aether, **Methyläther** und **Amyläther**, und Wasser zerlegt werden. Ersterer ist ein farbloses Gas, welches in starker Kälte flüssig wird, letzterer eine farblose Flüssigkeit. — Diese beiden Alkohole sind demnach ebenfalls als Verbindungen der zugehörigen Aether mit Wasser zu betrachten. Auf gleichviel Sauerstoff enthält der Methyläther weniger, der Amyläther mehr Kohlenstoff und Wasserstoff als der Aethyläther.

§. 125.

Essigsäure, Ameisensäure und Baldriansäure.

Essigsäure aus Alkohol. Alkohol verändert sich an der Luft nicht, auch dann nicht, wenn er mit Wasser verdünnt ist. Wird er jedoch mit Wasser und einem Eiweißkörper oder Hefe vermischt in einer Temperatur von an 30° an der Luft stehen gelassen, so verschwindet er nach und nach in der Flüssigkeit, und es bildet sich in dieser, wie hineingetauchtes Lackmuspapier ausweist, eine Säure*) — Saure Gährung.

Wird die filtrirte Flüssigkeit mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron vermischt, so entweicht dessen Kohlensäure, und nach eingetretener Neutralisation bekommt man bei hinreichender Concentrirung durch Wärme ein krystallisirtes Salz, welches in höherer Temperatur schmilzt, sein Krystallwasser verliert und dann das wasserfreie Salz darstellt.

Letzteres verwandelt sich bei der Destillation mit Schwefelsäurehydrat in saures schwefelsaures Natron, während eine sehr saure Flüssigkeit übergeht, — Essigsäure. — Dieselbe besitzt einen eigenthümlichen Geruch und raucht schwach an der Luft; sie geht unter 17° in eine feste, krystallisirte Masse (Eisessig) über und siedet bei 120°; an der Luft kann sie entzündet werden und verbrennt dann mit schwach leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Sie besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; mit dem Alkohol verglichen enthält sie auf gleich viel Kohlenstoff weniger Wasserstoff und mehr Sauerstoff. Bei dem Uebergange des Alkohols in Essigsäure muß also Wasserstoff aus demselben austreten, der auf Kosten des Sauerstoffs der Luft zu Wasser wird. Was aus dem Alkohol übrig bleibt, nimmt ebenfalls aus der Luft Sauerstoff auf und wird zu Essigsäure. Die saure Gährung ist also ein Oxydationsproceß, eine Verwesung (§. 112). —

Die Umwandlung des Alkohols in Essigsäure und Wasser wird, ähnlich wie die der gährungsfähigen Zuckerarten in Alkohol und Kohlensäure, durch eine eigenthümliche, mikroskopisch kleine, aus einzelnen Zellen bestehende Pflanze, den Essigpilz, bewirkt. Die Keime derselben sind ebenfalls überall in der Luft verbreitet; treffen sie mit Flüssigkeiten zusammen, welche Alkohol und Eiweißkörper rc. enthalten, so entwickeln sie sich zu der Pflanze, welche des Eiweißes zu ihrer Ernährung bedarf, und letztere bewirkt, wenn sie auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmt, in einer freilich noch nicht hinreichend aufgeklärten Weise, die Uebertragung des Sauer-

*) Hierin liegt der Grund, warum man, wenn aus Traubenzucker Alkohol dargestellt werden soll, dafür sorgen muß, daß die Temperatur sich 30° nicht nähere.

stoffs aus der Luft auf den Alkohol (Essigmutter). Ist aller Alkohol umgewandelt, so wirkt der Essigpilz weiter auf die gebildete Essigsäure und bewirkt deren Oxydation zu Kohlensäure und Wasser.

Auf ähnliche Weise wie mit Natron verbindet sich die Essigsäure auch mit den übrigen Basen zu meist leicht löslichen Salzen, sie ist überhaupt eine ziemlich starke Säure, insofern sie z. B. aus kohlensauren Salzen die Kohlensäure leicht austreibt.

Kupferoxydhydrat wird von der Essigsäure aufgelöst, und aus der Flüssigkeit krystallisirt essigsaures Kupferoxyd in dunkelgrünen Krystallen (Grünspahn), dessen Lösung in der Hitze beim Vermischen mit einer Lösung von arseniger Säure eine, nach längerem Stehen schön grüne, sehr giftige Verbindung von arseniger Säure, Essigsäure und Kupferoxyd absetzt (Schweinfurter Grün).

Essigsaures Bleioxyd, seines süßen Geschmacks wegen Bleizucker genannt, wird im Großen auch auf die Weise dargestellt, daß man in einem warmen Raume dünne Bleiplatten in zum Theil mit verdünnter Essigsäure angefüllten Gefäßen so aufstellt, daß sie nur zur Hälfte in die Flüssigkeit eintauchen. Auf der Oberfläche des nicht in die Säure eintauchenden Theils derselben bildet sich dann kohlensaures Bleioxyd. Nach einiger Zeit werden die Platten umgekehrt, so daß das kohlensaure Salz in der Flüssigkeit zu essigsaurem wird und neue Bleitheile mit der Luft in Berührung kommen. Die Flüssigkeit wird nach mehrmaliger Wiederholung dieser Manipulation eingedampft, worauf das essigsaure Bleioxyd auskrystallisirt. Erwärmt man eine Auflösung von Bleizucker mit Bleioxyd, so löst sich letzteres auf, indem sich dabei ein basisches Salz bildet, — Bleiessig.

Auch Kupfer oxydirt sich auf ähnliche Weise, wenn es in verdünnter Essigsäure liegt, während Luft hinzutreten kann.

Essigsaures Kupferoxyd und essigsaures Bleioxyd sind natürlich heftige Gifte.

Der im Leben vielfach gebräuchliche Essig ist sehr verdünnte Essigsäure. (Gefahr bei Anwendung von nicht verzinnten Gefäßen aus Kupfer und Messing zur Bereitung oder zum Aufbewahren von Speisen.)

Die flüssige concentrirteste Säure ist, wie die Stearinsäure (§. 101), Essigsäurehydrat. — Von der wasserfreien Essigsäure (Essigsäureanhydrid) und ihrer Bereitung wird später die Rede sein.

Bezüglich der Entstehung der Essigsäure aus Alkohol giebt noch folgender Versuch lehrreiche Aufschlüsse.

Befindet sich Alkohol, dem vorher etwas Wasser zugesetzt worden ist, in einem lose bedeckten Becherglase und darüber, in einem Uhrgläschen

schwebend aufgehängt, etwas fein vertheiltes Platin, so verwandelt sich der Alkohol ebenfalls nach und nach vollständig in Essigsäure, ohne daß außer Wasser noch etwas Anderes in der Flüssigkeit bemerkt wird. In §. 83 ist gezeigt worden, daß das fein vertheilte Platina Wasserstoff und Sauerstoff zu vereinigen vermag, ohne daß es selbst dabei verändert wird. Bei dem eben angeführten Versuche verdichtet es ebenfalls Sauerstoff aus der Luft in seinen zahlreichen Poren, und in diesem Zustande wirkt der Sauerstoff ohne Mithülfe einer anderen Substanz auf das Alkoholgas, welches sich aus der darunter befindlichen Flüssigkeit entwickelt, oxydirend. Das entstandene Wasser und die Essigsäure sammeln sich dann, weil sie weniger flüchtig sind, in flüssiger Form auf dem Boden des Gefäßes an.

Essigsäure aus Holz. Die Essigsäure bildet sich auch bei der trocknen Destillation des Holzes und ist in der dabei übergehenden rohen Holzsäure (§. 93) in freiem Zustande enthalten. Wird letztere mit überschüssigem Kalkerdehydrat vermischt, so schlägt sich der aufgelöste Theer größtentheils mit dem Kalk in Verbindung nieder. Die darüber stehende Flüssigkeit reagirt nicht mehr sauer und muß demzufolge das Kalksalz der in der Holzsäure befindlichen Säure aufgelöst enthalten. — Die nach dem Abdestilliren des Holzalkohols (S. 184) übrig gebliebene Lösung scheidet bei Zusatz von wenig Salzsäure noch weitere, aus dem Theer herstammende, harzartige Substanzen ab und läßt auch beim darauf folgenden Abdampfen das erwähnte Kalkerdesalz stets noch durch Theerbestandtheile verunreinigt, zurück. Durch vorsichtiges Rösten kann man das Salz hinreichend rein erhalten, und dasselbe liefert dann bei der Destillation mit einer gerade nur zur Zersetzung hinreichenden Menge etwas verdünnter Salzsäure verdünnte Essigsäure.

Methylalkohol und Amylalkohol können durch Oxydationsprocesse ebenfalls in Säuren übergeführt werden.

Aus Methylalkohol entsteht, wenn dessen Dampf mit fein vertheiltem Platina und Luft zusammentritt, eine Säure im verdünnten Zustande, welche auch in den Ameisen vorkommt und daher **Ameisensäure** heißt. Sie ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, unter 0° krystallisirend, siedet bei 100° und wirkt stark ätzend. Dieselbe findet sich ebenfalls fertig gebildet in den Giftorganen der Processionsraupen und in manchen Nesseln.

Amylalkohol liefert bei der Destillation mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure neben schwefelsaurem Chromoxyd-Kali eine auch in der Wurzel des Baldrians (Valeriana officinalis) vorkommende flüssige Säure, **Baldrian-** oder **Valeriansäure.**

Auf gleich viel Sauerstoff enthält die Ameisensäure weniger, die Valeriansäure mehr Kohlenstoff und Wasserstoff als die Essigsäure.

§. 126.

Milchsäure.

Frische Milch enthält nie so große Mengen einer freien Säure, daß sie sich durch den Geschmack bemerkbar machten (S 157); erst wenn sie einige Zeit sich selbst überlassen gewesen ist, tritt dieser Fall ein, und die entstandene Säure, — Milchsäure — läßt sich auf folgende Weise darstellen.

Sauer gewordene Milch wird gekocht, um das coagulirte Casein vollständig abzuscheiden, die Flüssigkeit filtrirt, mit kohlensaurem Natron neutralisirt, abgedampft und der Rückstand mit Alkohol behandelt, wobei sich außer dem milchsauren Natron noch geringe Mengen einiger anderen alkalischen Salze auflösen. Die Flüssigkeit läßt beim Vermischen mit einer genau abgepaßten Schwefelsäuremenge schwefelsaures Natron, welches in Weingeist unlöslich ist, fallen, während die freie Milchsäure gelöst bleibt und nach Verdampfung des Alkohols eine syrupdicke Flüssigkeit bildet.

Sie ist in diesem Zustande jedoch noch nicht rein.

Zu ihrer vollständigen Reinigung muß man ihr Zinksalz, welches namentlich in heißem Wasser auflöslich ist, durch Sättigung der Säure mit kohlensaurem Zinkoxyd und Einkochen der Flüssigkeit bis zur Krystallisation erzeugen. Dieses Salz wird durch öfteres Umkrystallisiren vollkommen gereinigt und darauf erst zur Darstellung der milchsauren Baryterde benutzt. Letztere erhält man nämlich in Auflösung, wenn das in Wasser gelöste Zinksalz mit Baryterdelösung versetzt wird, wobei sich das Zinkoxyd niederschlägt. Die aufgelöste milchsaure Baryterde giebt bei vorsichtigem Zumischen einer genau abgepaßten Schwefelsäuremenge aufgelöste freie Milchsäure und unlöslich niederfallende schwefelsaure Baryterde.

Wird aus der filtrirten Flüssigkeit das Wasser durch Wärme entfernt, so bleibt Milchsäurehydrat als eine farblose, dicke und schwere saure Flüssigkeit zurück.

Die Milchsäure besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; sie kann nur schwer, ohne Zersetzung zu erleiden, gasförmig gemacht werden.

Wird eine Auflösung von Milchzucker (§. 121) mit Casein vermischt, so verwandelt sich der Zucker nach und nach in Milchsäure; wenn jedoch bereits eine Quantität Milchsäure gebildet worden ist, hört die Verwandlung etwa noch vorhandenen Milchzuckers auf, sie wird aber alsbald wieder eingeleitet, wenn man die Säure mit kohlensaurem Natron neutrali-

sirt. Der krystallisirte Milchzucker liefert bei der Verbrennung mit Kupferoxyd genau dieselben Procente Kohlensäure und Wasser wie das Milchsäurehydrat; beide Körper haben also genau gleiche procentische Zusammensetzung. Der Uebergang des ersteren in den letzteren beruht daher lediglich auf einer Veränderung der Eigenschaften, eine chemische Zersetzung oder Vereinigung findet dabei nicht statt.

Sauer gewordene Milch enthält keinen Milchzucker mehr; derselbe ist ganz, unstreitig durch das Casein, in Säure verwandelt worden, und setzt man ihr nach vorhergegangener Neutralisation wieder frischen Milchzucker zu, so wird auch dieser sehr bald in Säure übergeführt. Die Milchsäure ist natürlich die Ursache, daß dabei das Casein in den unlöslichen Zustand übergeht.

Die Milchsäure erzeugt sich auch bei gewissen Gährungsprocessen anderer Kohlenhydrate und tritt daher beim Sauerwerden vieler Pflanzenstoffe auf, z. B. von Kohl (Sauerkraut). Auch im Thierkörper, namentlich im Magensaft und in der Flüssigkeit des Fleisches ist Milchsäure vorhanden, doch ist die Milchsäure des Fleisches durch Abweichungen in einigen Eigenschaften, auf die wir weiter unten zurückkommen, als eine besondere Art von Milchsäure, Fleischmilchsäure, charakterisirt.

Vierte Gruppe:

Pflanzensäuren.

§. 127.

Weinsteinsäure. Der frische Traubensaft enthält unter anderen auch eine Substanz aufgelöst, welche in alkoholischen Flüssigkeiten weniger löslich ist als in Wasser und sich daher nach der Gährung des Weins in den Fässern als eine durch Verunreinigungen roth oder grau gefärbte Kruste absetzt, die den Namen Weinstein (Tartarus) besitzt. Dieselbe löst sich schwer in siedendem Wasser auf, und aus der noch in der Hitze durch Kohle entfärbten (S. 55) Lösung krystallisirt beim Erkalten ein weißer, salzartiger Körper, — Cremor tartari oder gereinigter Weinstein —, der beim Erhitzen zuerst schmilzt und später unter Ausstoßung übelriechender Dämpfe

in eine schwarze, kohlige Masse verwandelt wird. Letztere giebt an Wasser kohlensaures Kali ab, während reine Kohle zurückbleibt. Die Auflösung des Salzes röthet Lackmuspapier und treibt aus Auflösungen kohlensaurer Salze Kohlensäure aus.

Hieraus geht hervor, daß der Weinstein ein saures Kalisalz ist, dessen Säure im Allgemeinen die Zusammensetzung organischer Körper hat. Ihres Vorkommens wegen nennt man letztere Weinsteinsäure oder Weinsäure.

Um dieselbe für sich darzustellen, kocht man Weinstein mit Aetzkalilauge, worin er unter Bildung von neutralem weinsteinsaurem Kali sich reichlich auflöst, da letzteres Salz viel leichter in Wasser löslich ist als Weinstein, und vermischt die Flüssigkeit so lange mit Chlorcalciumlösung, als noch ein weißer Niederschlag entsteht. Die von dem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit enthält dann nur noch Chlorkalium, und in dem Niederschlage selbst muß also die Weinsäure mit Kalkerde verbunden sein. Wird letzterer mit verdünnter Schwefelsäure längere Zeit erwärmt und wieder abfiltrirt, so ist er in schwefelsaure Kalkerde verwandelt worden; die Weinsäure muß sich also in der Flüssigkeit befinden, und in der That giebt diese beim Abdampfen farblose Krystalle eines sauer schmeckenden und reagirenden, in Wasser löslichen Körpers, welcher in concentrirter Auflösung mit wenig Kalilauge vermischt ein weißes Krystallmehl fallen läßt, das aufs Neue aufgelöst, in größeren Krystallen erhalten werden kann und sich in nichts vom Weinstein unterscheidet. Dieser Körper ist also die Weinsäure, und zwar, wie man sich nach Anleitung des in §. 101 von der Stearinsäure Gelehrten überzeugen kann, Weinsäurehydrat.

Die krystallisirte Säure läßt ihr Wasser erst bei 200° vollständig entweichen, verliert aber dadurch auch ihre Löslichkeit in Wasser. In noch höherer Temperatur wird die Weinsäure vollständig zersetzt.

Andere Säuren. Es kommen im Pflanzenreiche noch mehrere der Weinsäure ähnliche Säuren vor, zum Theil im freien Zustande, zum Theil an Kali oder andere Basen, namentlich an Kalkerde, gebunden. Sie können meist auf ähnliche Weise dargestellt werden wie die Weinsäure. So die Traubensäure auch in den Weintrauben, die Citronensäure frei in den Citronen, in den Johannis- und Stachelbeeren, die Aepfelsäure in den unreifen Aepfeln, den Vogel-, Johannis- und Stachelbeeren, die Chinasäure in der Chinarinde, die Mekonsäure im Opium (S. 173) 2c., Benzoesäure frei im Benzoeharz, Bernsteinsäure frei im Bernstein 2c. Alle sind, wie die Weinsäure, farblose krystallisirbare Körper und Hydrate von aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff

bestehenden Säuren. Sie geben im Allgemeinen bei der Verbrennung mit Kupferoxyd verschiedene Mengen Wasser und Kohlensäure, ein Beweis, daß die relativen Mengen, in welchen sie jene Elemente enthalten, verschieden sind. Nur Weinsäure und Traubensäure sind vollkommen gleich zusammengesetzt, weichen aber in einzelnen Eigenschaften zu sehr von einander ab, als daß man sie für identisch halten dürfte. Weinsaure Kalkerde z. B. ist in verdünnter Salzsäure leicht, traubensaure Kalkerde schwer löslich, weshalb eine Lösung von Traubensäure mit einer Lösung von Chlorcalcium einen Niederschlag erzeugt, eine Lösung von Weinsäure aber nicht.

Die Salze der organischen Säuren werden in höherer Temperatur zersetzt; die mit alkalischer oder erdiger Basis hinterlassen dabei ein Gemenge von Kohle und kohlensaurem Salz, dessen Kohlensäure aus den Elementen der Säure gebildet wird.

§. 128.

Gerbsäuren.

Gallusgerbsäure. Läßt man (wasserhaltigen) Aether durch Pulver von Galläpfeln, — Auswüchse, welche sich an den Blättern einer Eichenart (Quercus infectoria) nach dem Stiche der Gallwespe erzeugen —, langsam durchfiltriren, so scheidet sich die ablaufende Flüssigkeit in zwei Lagen Die obere, schwach grünlich gefärbte, ist fast reiner Aether, der nur geringe Mengen aus den Galläpfeln aufgelöst hat. Die untere, syrupartige, gelblich gefärbte, enthält nur wenig Aether, läßt beim Abdampfen viel (aus dem Aether stammendes) Wasser entweichen und hinterläßt eine farblose oder gewöhnlich schwach gelblich gefärbte, feste, amorphe, glänzende, zusammenziehend schmeckende Masse, welche sich leicht in Wasser auflöst und Lackmuspapier röthet.

Eine concentrirte Auflösung derselben treibt aus kohlensaurem Kali die Kohlensäure unter Bildung eines pulverförmigen, schwierig löslichen Niederschlages aus. — Gallusgerbsäure, auch Tannin (tanner französ. = gerben), gallusgerbsaures Kali.

Wird eine Auflösung eines Eisenoxydsalzes mit einer Gerbsäurelösung vermischt, so entsteht ein tief blau schwarzer Niederschlag von gallusgerbsaurem Eisenoxyd, welcher den Hauptbestandtheil der Dinte ausmacht.

Vermischt man eine Leimauflösung mit einer solchen von Gerbsäure, so vereinigen sich beide Substanzen und bilden einen Niederschlag, in welchem der Leim die Fähigkeit im feuchten Zustande zu faulen verloren hat.

Eine Gerbsäurelösung, in welcher eine thierische Haut liegt, verliert ebenfalls allmälig ihren Gehalt an Säure, welche mit dem leimgebenden Bestandtheil der Haut (§. 107) eine chemische Verbindung eingeht und dieser dadurch die Fähigkeit nimmt, in Fäulniß und Verwesung überzugehen.

Die Gallusgerbsäure besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Andere Gerbsäuren. Aehnliche Gerbsäuren sind noch in vielen anderen Pflanzen, z. B. in der gewöhnlichen Eiche (Quercus Robur), besonders in ihrer Rinde, am reichlichsten, so lange die Eiche noch jung, nicht über 18 bis 20 Jahre alt ist, in den Knoppern (den Fruchtbechern einer levantischen Eichenart*), im Thee, in den Schalen und Stengeln der Weinbeeren, in der Chinarinde, in den Fichten und Tannen, im Dividivi (Schoten eines südamerikanischen Baumes), im Sumach (auch Schmack, Pulver der Blätter eines in der Levante und im südlichen Europa einheimischen Strauchgewächses), im Katechu (einem an der Sonne erhärteten Extract aus dem Holze eines ostindischen Baumes), ꝛc. ꝛc. gefunden worden.

Das Eisenoxydsalz mancher dieser Säuren, z. B. von der Chinagerbsäure, ist grün; wie sie sonst von der Gallusgerbsäure abweichen, ist noch nicht mit Gewißheit bekannt.

Ein Aufguß von junger Eichenrinde (Lohe), ebenso der Knoppern, des Dividivi, des Sumach und des Katechu, wird zum Gerben des Leders benutzt.

§. 129.

Es enthalten also alle Pflanzentheile fertig gebildete eigenthümliche Säuren und, wie wir gesehen haben, in der Regel an Basen, vorzüglich häufig an Kali, gebunden.

Da nun deren künstlich dargestellte Kalisalze sich alle, wie das weinsaure (§. 127), in der Hitze in kohlensaures Kali verwandeln und letzteres in den frischen Pflanzen niemals fertig gebildet vorkommt, so schließen wir, daß die große Menge von diesem Salze, welche in allen Pflanzenaschen enthalten ist (§. 59), aus den organischen Salzen während der Verbrennung entsteht.

*) Sogenannte natürliche Knoppern, die unnatürlichen sind Auswüchse an Eicheln, welche durch den Stich eines Insectes entstehen.

Fünfte Gruppe:

Aetherische Oele, Harze und Pflanzenfarbstoffe.

---

§. 130.

Aetherische Oele.

Terpentinöl. Aus der Rinde der Tannen und Fichten fließt an verletzten Stellen eine Flüssigkeit heraus, welche an der Luft bald zu einer klebrigen, zähen Masse, Fichtenharz, Terpentin, erstarrt. Wird letztere mit Wasser der Destillation unterworfen, so sammelt sich auf dem in die Vorlage übergehenden Wasser eine Flüssigkeit an, welche nach mehrmaligem Umdestilliren mit Wasser und längerem Aufbewahren über Chlorcalcium eine dünnflüssige, wasserklare, eigenthümlich riechende Substanz bildet. Sie ist leichter als Wasser und nicht mischbar damit; sie siedet bei 160°, wird jedoch ein Gemenge derselben mit Wasser erhitzt, so destillirt sie schon bei 100° mit den Wasserdämpfen vollständig und unverändert über. Sie erzeugt auf Papier eine durchscheinende Stelle, einen sogenannten Fettfleck, der aber wegen ihrer Flüchtigkeit rasch verschwindet, weswegen man sie ein Oel und zwar Terpentinöl genannt hat. Zum Unterschiede von den in §. 98 abgehandelten, vorzugsweise mit dem Namen der fetten Oele bezeichneten Körpern, welche sich nicht unverändert in Gase verwandeln lassen, nennt man sie auch ein flüchtiges oder ätherisches Oel. Das Terpentinöl besteht nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, es läßt sich sehr leicht entzünden, und verbrennt mit einer stark rußenden Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Auf Lampen von eigenthümlicher Construction läßt es sich jedoch, wenn es ganz rein ist, auch mit reiner, nicht rußender Flamme brennen. (Camphin).

In absolutem Alkohol löst sich Terpentinöl ziemlich leicht auf, in mit Wasser vermischtem dagegen schwieriger. Fette Oele lassen sich leicht damit vermischen und feste Fette davon auflösen. (Anwendung als Reinigungsmittel.)

Läßt man in einer abgesperrten Glasglocke Terpentinöl längere Zeit in Berührung mit Sauerstoffgas, so verschwindet das Gas zum Theil, indem es sich mit dem Terpentinöl verbindet. Letzteres wird dabei dick-

flüssiger und destillirt nun mit Wasser nur zum Theil unverändert über, während in der Retorte ein aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehender Rückstand von harziger Beschaffenheit verbleibt. Terpentinöl, welches sehr lange der Einwirkung von Sauerstoff ausgesetzt wird, z. B. in der Luft, oxydirt sich vollständig zu einem solchen Harze. Erhitzt man Terpentin bis zur Austreibung alles ätherischen Oeles, so bleibt ganz das nämliche Harz zurück. Das rohe Fichtenharz verhält sich also ganz so wie reines Terpentinöl, welches längere Zeit der Luft ausgesetzt war, woraus wir schließen, daß der Saft der Nadelhölzer, so lange er in der Pflanze und von der Luft abgeschlossen ist, nur reines flüchtiges Oel enthält, und daß sich erst nach seinem Ausfließen in der Luft das Harz darin erzeugt.

Andere vegetabilische flüchtige Oele. Wie Terpentin liefern noch eine Menge Pflanzentheile bei der Destillation mit Wasser flüchtige Oele, so die Blüthen der Rosen, der Orangen, der Kamillen, ferner die Samen und Früchte des Wachholderbeerstrauchs, des Citronenbaums, des Kümmels, des Fenchels, Dills, des Senfs, die bittern Mandeln*) 2c. 2c., auch die Blätter und Zweige der Pfeffermünze, des Majorans, des Thymians, des Wermuths, des Zimmtbaums. Diese Oele stimmen in ihrem Geruch mit dem der betreffenden Pflanzen überein; ihr Vorkommen in letzteren muß daher auch die Ursache des Geruches derselben sein. — Oft sind sie in sehr geringer Menge in den Pflanzen enthalten. Die Rosenblüthe ist, trotz ihres starken Geruchs, so arm daran, daß 100 Pfund Rosenblätter (welche im südlichen Europa gewachsen sind) bei der Destillation höchstens $^1/_2$ Loth Rosenöl geben. (Die Rosen, welche in nördlicheren Climaten wachsen, enthalten so wenig Oel, daß es sich gar nicht daraus abscheiden läßt.)

Alle diese Oele haben die meisten Eigenschaften, welche vom Terpentinöl erwähnt worden sind; sie sind alle flüchtig, der Siedepunkt ist jedoch nicht bei allen derselbe, sondern schwankt zwischen 150 und 230°. Sie bestehen alle bis auf Senf-, Wachholderbeer- und Citronenöl aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Die beiden letzteren enthalten wie das Terpentinöl nur Kohlenstoff und Wasserstoff, und das Oel des schwarzen Senfs besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel.

*) Das rohe Bittermandelöl enthält stets Blausäure, von der es durch Destillation über ein Gemenge von Calciumoxydhydrat mit etwas Eisenchlorür gereinigt werden kann, wobei das Cyan mit dem Eisen in Verbindung tritt.

Auflösungen von ätherischen Oelen in Alkohol (Eau de Cologne) und fetten Oelen (wohlriechende Oele) werden in nicht unbedeutender Menge fabrikmäßig dargestellt.

Manche ätherische Oele haben die Fähigkeit, beim Kochen gewisse Körper, welche sonst in den meisten Flüssigkeiten unlöslich sind, aufzulösen und beim Erkalten wieder unverändert, häufig in Krystallen, auszuscheiden, so Schwefel und Phosphor.

Zu den flüchtigen Oelen wird gewöhnlich auch der in einer Lorbeerbaumart (Laurus Camphora) enthaltene, aus den Zweigen, Blättern und dem Stamm derselben durch Sublimation darstellbare, als Arzneimittel sehr bekannte, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Kampher gerechnet, obwohl derselbe bei gewöhnlicher Temperatur fest ist und erst bei 175° schmilzt.

Petroleumarten. An einigen Stellen findet sich selbst in der Erde ein eigenthümliches, flüchtiges Oel, Steinöl (Petroleum) oder Naphta genannt. Sein Hauptfundort ist an der westlichen Küste des Kaspischen See's, wo es in großem Vorrathe die Erde durchtränkt, mit Wasser vermischt zu Tage läuft, und in eingegrabenen Vertiefungen in nicht unbedeutender Menge gesammelt wird. In geringerer Menge findet es sich auch an anderen Orten Europas, z. B. bei Tegernsee in Bayern, im Departement l'Ain in Frankreich 2c. Es ist sauerstofffrei und dient deswegen meistens zur Aufbewahrung des Kaliums (§. 59.) 2c.

In neuerer Zeit hat man in Canada und Pennsylvanien sehr ergiebige Quellen eines ähnlichen Erdöls entdeckt. Dieses amerikanische Oel beginnt schon bei 70° zu sieden und läßt dann einen sehr leicht entzündlichen, flüssigen Kohlenwasserstoff überdestilliren. Wegen des Gehaltes an diesem leicht flüchtigen Stoff ist das rohe Oel selbst auch ohne Docht sehr leicht entzündlich, verlangt daher eine sehr vorsichtige Behandlung und würde sich als zu feuergefährlich nicht zur Benutzung als Beleuchtungsmaterial eignen. Rectificirtes Erdöl, d. h. solches, aus welchem diese sehr flüchtige Substanz abdestillirt ist, hat einen weit höheren Siedepunkt, läßt sich ohne Anwendung eines Dochtes nicht entzünden und kann daher ohne besondere Gefahr als Beleuchtungsmaterial dienen. Der Dampf auch dieses Oeles bildet mit Sauerstoff ein explosives Gasgemenge, weshalb immerhin bei Anwendung desselben Vorsicht erforderlich, namentlich eine Erhitzung des Oelbehälters der Lampen zu vermeiden ist. Das gut rectificirte Oel muß ein specifisches Gewicht von 0,8 (44° Baumé) haben, leichtere Oele, sowie solche, welche Gas entwickeln, wenn siedendes Wasser hinzugegossen wird, sind verdächtig.

Manche **Theeröle** (§. 117) gehören ebenfalls zur Classe der ätherischen Oele. Der Theer, welchen viele Braunkohlen, ja selbst bituminöse*) Schiefer liefern, wird mit Vortheil auf die Gewinnung solcher Oele im Großen verarbeitet, um dieselben als Beleuchtungsmaterialien zu benutzen. Das daraus gewonnene leichter flüchtige Oel, dessen Anwendung übrigens seiner größeren Flüchtigkeit wegen nicht unbedenklich ist und Vorsicht erfordert, kommt unter dem Namen Photogen, das schwerer flüchtige (0,83 spec. Gew.) als Solaröl im Handel vor. Diese Oele bestehen aus Kohlenstoff und Wasserstoff.

Paraffin. Bei der Destillation der genannten Theerarten geht, nachdem Photogen und Solaröl abdestillirt worden sind, ein Oel über, aus welchem nach dem Erkalten und bei längerem Stehen ein fester, weißer, durchscheinender, bei 47° schmelzender, bei 370° siedender Kohlenwasserstoff auskrystallisirt, den man, weil er der Einwirkung der meisten chemischen Agentien, namentlich auch der der Säuren und Basen widersteht, Paraffin (parum, wenig, und affinis, verwandt) genannt hat. Auch dieses Product wird fabrikmäßig dargestellt und zur Kerzenfabrikation benutzt.

§. 131.

Harze.

In §. 130 ist erwähnt worden, daß, wenn das Terpentin bis zur Austreibung alles ätherischen Oeles erhitzt worden ist, eine in der Kälte feste, spröde, durchscheinende, gelbliche Masse von glasartigem, muscheligem Bruche, ein Harz, Colophonium genannt, zurückbleibt.

Das Colophonium besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, bei 135° schmilzt es, beim Erhitzen an der Luft läßt es sich leicht entzünden und mit hell leuchtender, stark rußender Flamme zu Kohlensäure und Wasser verbrennen. Bei der — häufig auch fabrikmäßig ausgeführten — trockenen Destillation liefert es, außer brennbaren Gasen und einem Rückstand von Kohle, noch verschiedene ölartige Producte, von denen die leichter flüchtigen, unter dem Namen Harzessenz statt Terpentinöls, die schwerer flüchtigen, Harzöl, als Maschinen- und Wagenschmiere Anwendung finden.

Von Wasser wird das Colophonium nicht, von Terpentinöl, den übrigen ätherischen Oelen und kochendem Alkohol vollständig aufgenommen. Letztere Lösung scheidet beim Zusatz von Wasser das Harz wieder aus.

*) Bituminös nennt man manche Mineralien, welche von kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Substanzen durchdrungen sind, die zweifelsohne durch Zersetzung vorweltlicher Thiere und Pflanzen entstanden sind.

Aehnliche Harze wie das Colophonium sind das Benzoeharz, welches in Ostindien aus Styrax Benzoin, das Guajacharz, welches in Westindien aus Guaiacum officinale, das Elemi, das in Westindien aus Amyris elemifera und in Ostindien aus Amyris ceylanica, das Mastix, das besonders auf Chios aus Pistacia Lentiscus durch Einschneiden in die Rinde und Sammeln des Ausfließenden gewonnen wird; der Copal, der aus verschiedenen in Westindien und in Ostindien wachsenden Hymenaea-Arten, der Sandarac, der in südlicheren Gegenden aus Juniperus communis (dem Wachholderbeerstrauche) freiwillig ausfließt; das Gummilack, welches aus mehreren ostindischen Feigenarten auf den Stich eines Insectes ausfließt und im geschmolzenen Zustande den Schellack (den Hauptbestandtheil des Siegellacks) bildet, endlich das Jalappaharz, welches aus der Wurzel von Ipomoea Jalappa durch Kochen mit Weingeist, Vermischen der Flüssigkeit mit Wasser und Abdestilliren erhalten wird rc. rc. Von allen diesen Harzen gilt dasselbe, was von den äußeren Eigenschaften des Terpentinharzes, seiner Löslichkeit und Zusammensetzung gesagt worden ist.

Balsame nennt man natürliche Gemische von ätherischen Oelen und Harzen, so Peru-Balsam (aus Myroxylon peruiferum in Peru und Mexico), Storax (aus Styrax officinalis in Arabien) rc. rc.

Wird eine Auflösung eines Harzes in Alkohol oder Terpentinöl auf irgend einen Gegenstand gestrichen, so verdunstet das Lösungsmittel rasch, während das Harz den Gegenstand überzieht und ihn durch seine Unlöslichkeit in Wasser gegen Feuchtigkeit schützt. — Firnisse.

Vom Guajacharz wollen wir noch erwähnen, daß seine Lösung in Alkohol, welche gelblich gefärbt ist, in Berührung mit Ozon (§. 17), sowie beim Zusatz von Substanzen, welche leicht Sauerstoff abgeben können, wie Salpetersäure, Mangansuperoxyd, Bleisuperoxyd, auch von Chlor eine blaue Farbe annimmt. Durch Antozon wird gebläute Guajactinctur wieder gelb.

Wird Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Holztheer so lange der Destillation unterworfen, bis der größte Theil der flüchtigen Stoffe übergegangen ist, so bleibt ein Rückstand, welcher im Allgemeinen den Harzen sehr ähnlich ist, — Pech. Die auf diese Weise aus Steinkohlentheer erhaltene Substanz bildet, im Gemenge mit gewissen mineralischen Stoffen, wie gemahlener Kreide, Kalkstein, Sand rc., den künstlichen Asphalt (siehe unten).

Alle eigentlichen Harze zeigen im Aeußeren gewisse Aehnlichkeit mit dem Gummi, unterscheiden sich von demselben aber dadurch, daß sie in Wasser unlöslich und in Alkohol löslich sind. Auch steht das Gummi in keinerlei Beziehung zu den ätherischen Oelen.

Läßt man Harze in geschmolzenem Zustande in glühende Röhren fließen, so werden sie unter Absatz von Kohle in Gase zersetzt, unter denen sich beträchtliche Mengen von schwerem Kohlenwasserstoff befinden, weshalb geringere Sorten von Harzen hin und wieder zur Leuchtgasfabrikation benutzt werden.

Mineralische Harze. Auch im Mineralreiche kommen Harze vor, so der Bernstein, vorzüglich im Meeressande und dem oberen Küstenerdreiche der Ostsee; das Idrialin, welches durch Terpentinöl in der Wärme aus dem Idrialit, einem außer dem Harze hauptsächlich noch Zinnober und Gyps enthaltenden Minerale, ausgezogen wird und daraus in zarten Krystallen krystallisirt; der eigentliche Asphalt oder das Erdpech, welches in größter Menge auf dem todten Meere, auch an mehreren anderen Stellen der Erde, z. B. in Südamerika, auch in der Schweiz (Cant. Neuenburg), in Frankreich (Seyssel) und in Deutschland (bei Hannover) angetroffen wird.

Kautschuk. Mehrere amerikanische und ostindische Bäume, z. B. Siphonia Cahuca, Ficus elastica, enthalten einen Milchsaft, der zu einem elastischen Harze, Kautschuk, Federharz (Gummi elasticum) eintrocknet, welches zu den mannigfaltigsten Zwecken benutzt wird. Gewöhnlich kommt es schwarz in den Handel, welche Farbe ihm ebenso wie die Flaschenform künstlich ertheilt wird. Man überstreicht nämlich thönerne Kerne von Flaschenform in einer dünnen Lage mit dem rahmähnlichen, zähen Milchsafte, welcher aus in die Bäume gemachten Einschnitten ausfließt, und trocknet dieselbe über freiem Feuer ein, wobei eine große Menge Ruß in den Saft eindringt. Auf die trocken gewordene Lage bringt man eine zweite 2c. 2c., und, nachdem das Fabrikat die beabsichtigte Dicke erlangt hat, legt man es in Wasser, wo der Thonkern aufweicht und zerflossen herausgespült werden kann.

Wird der unveränderte Saft, der als eine gelbliche Flüssigkeit ziemlich selten nach Europa kommt, mit Wasser verdünnt, so setzt sich bei längerem Stehen das Kautschuk wie ein Rahm oben auf ihm ab, so daß das Wasser mit den sonstigen im Safte aufgelösten Substanzen unten abgezapft werden kann. Zu wiederholten Malen auf diese Weise gewaschen, bildet das Kautschuk nach dem Verdunsten des letzten Wassers eine zusammenhängende, äußerst elastische, farblose und durchsichtige Masse. Es schmilzt bei 200°. Von Wasser und Alkohol wird es nicht, wohl aber von flüchtigen Oelen, am leichtesten von Schwefelkohlenstoff (§. 43) aufgelöst.

Wird ein Gegenstand mit dem frischen Kautschuksaft oder mit einer Auflösung von Kautschuk bestrichen, so erhält er dadurch, gerade so wie

durch einen Harzfirniß, einen wasserdichten Ueberzug, der vor jenem jedoch den Vortheil der Elasticität besitzt, mit welcher er einem jeden, auch dem stärksten und schärfsten Biegen des Gegenstandes, ohne zu brechen, nachgiebt. —

Kautschuk wird in großer Kälte hart und unbiegsam. Ein Gemenge desselben mit Schwefel, erzeugt durch Eintauchen in geschmolzenen Schwefel und starkes Kneten, oder durch Eintauchen in eine Auflösung von Chlorschwefel in Schwefelkohlenstoff, vulcanisirtes Kautschuk*), bleibt in der Kälte weich und elastisch. Anwendung zu luftdichten, biegsamen Röhren und Schläuchen, zu Platten, Stopfen ꝛc.

Gutta-Percha. Der Milchsaft eines in Ostindien wachsenden Baumes, Isonandra Gutta, enthält ein dem Kautschuk ähnliches Federharz, Gutta-Percha, welches jedoch in gewöhnlicher Temperatur fest und kaum elastisch ist, und erst in der Wärme (in heißem Wasser) plastisch und biegsam wird. Dasselbe kann ganz wie Kautschuk vulcanisirt werden und hat dann auch in gewöhnlicher Temperatur größere Elasticität.

Kautschuk und Gutta-Percha bestehen im reinen Zustande aus Kohlenstoff und Wasserstoff.

§. 132.

Farbstoffe der Pflanzen.

Chlorophyll. Werden grüne Blätter, z. B. von Gräsern, nach dem Zerquetschen längere Zeit mit Aether geschüttelt, so färbt sich derselbe tief grün und läßt nach dem Filtriren und Verdunsten einen festen grünen Körper, der sich in Alkohol mit Hinterlassung von Wachs vollständig auflöst. Diese letzte Lösung liefert beim Verdunsten einen grünen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Körper, — Chlorophyll (*χλωρός*, grün und *φύλλον*, Blatt). Man nimmt an, daß dieser Körper das färbende Princip der Grasblätter sei, ja man hält ihn sogar für die Ursache der Farbe aller grünen Pflanzentheile, eine Annahme, die übrigens noch nicht mit Sicherheit bewiesen ist.

Die lebhaften Farben, welche hauptsächlich den Blüthen und Früchten der Pflanzen eigenthümlich sind, werden durch ganz ähnliche Stoffe hervorgerufen, welche zum Theil noch weit umständlichere Processe zu ihrer künstlichen Isolirung verlangen.

*) Dieser Name steht weder mit der Darstellung, noch mit der Natur der Substanz in irgend welchem Zusammenhange, scheint vielmehr erfunden zu sein, um über die Darstellung unrichtige Begriffe zu verbreiten.

Andere Pflanzenfarbstoffe. Wird Campecheholz (Blauholz), das Holz des amerikanischen Haematoxylon campechianum, in zerkleinertem Zustande mit lauwarmem Wasser behandelt, die Auflösung abgedampft, der Rückstand mit starkem Alkohol erschöpft, die neue Lösung wiederum bis zu starker Dickflüssigkeit abgedampft und mit wenig Wasser verdünnt, so schießt beim freiwilligen Verdunsten der Flüssigkeit ein strohgelber Körper, das Hämatoxylin, in Krystallen an, dessen Gegenwart im Campecheholz die Ursache der Anwendung desselben in der Färberei ist.

Aehnliche Körper sind folgende färbende Stoffe: die rothfärbenden im Krapp (Rubia tinctorum, Alizarin und Purpurin), einer im Orient einheimischen, doch auch im Elsaß und in Holland cultivirten Pflanze, im Fernambukholz oder Brasilienholz (Brasilin, von Caesalpinia echinata und Caesalpinia crista, in Südamerika, vorzüglich in Brasilien einheimischen Bäumen); die gelbfärbenden des Waus (Luteolin, Reseda Luteola), einer in Europa wild wachsenden, auch in Deutschland, Frankreich und England angebauten Pflanze, des Gelbholzes (Morin), des Holzes eines westindischen Maulbeerbaums (Morus tinctoria), der Quercitronrinde (Quercitrin), der Rinde einer nordamerikanischen Eichenart (Quercus nigra und Q. citrina), der Gelbbeere, der Frucht des Färberkreuzdorns (Chrysorhamnin, Rhamnus infectoria), der in den südeuropäischen Ländern wächst, der Curcumawurzel (Curcumin), der Wurzel einer ostindischen Pflanze (Curcuma longa). — Sie werden meist auf ähnliche Weise dargestellt wie das Hämatoxylin.

Alle diese Farbstoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Indigo. In Ostindien kommt eine Pflanzengattung, Indigofera, vor, deren Saft farblos oder gelblich ist, aber beim Stehen an der Luft einen blauen pulverförmigen Körper, Indigo*) (§§. 39 und 117), absetzt. Dieser wird, weil man ihn in der Färberei in bedeutender Menge benutzt, fabrikmäßig auf die Weise gewonnen, daß man die bei beginnender Blüthe abgeschnittene Pflanze mit Wasser übergossen gähren läßt, und die abgezapfte Flüssigkeit während längerer Zeit an der Luft in Bewegung hält, worauf sich der Indigo als eine feste, blaue Masse abscheidet.

Der von dieser Bereitungsart in den Handel kommende Indigo enthält außer blauem Farbstoff noch fremde Substanzen, wird aber davon befreit, wenn man ihn nach einander mit verdünnter Schwefelsäure, Kalilauge und kochendem Alkohol behandelt. Der dann zurückbleibende Indigo

*) Der Indigo war schon den alten Römern bekannt, welche ihn aus Indien erhielten und Indicum (scil. pigmentum) nannten.

ist in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich; Alkohol nimmt nur wenig davon auf; von concentrirter Schwefelsäure wird er zu einer blauen Flüssigkeit aufgelöst.

Wird der blaue Indigo (3 Gewichtstheile) mit gelöschtem Kalk (6 Theilen), Eisenvitriol (4 Theilen) und Wasser (450 Theilen) in ein luftdicht verschlossenes Gefäß gebracht, so verliert sich die blaue Farbe nach kurzer Zeit vollständig, es lagert sich am Boden des Gefäßes der überschüssige Kalk ab gemengt mit Eisenoxydhydrat, welches dem Kalk eine röthlich braune Farbe ertheilt.

Die darüber stehende Flüssigkeit ist farblos oder gelb. Wird sie, ohne während dessen mit Luft in Berührung zu kommen, durch einen Heber in ein Gefäß übergefüllt, in welchem sich luftfreie, sehr verdünnte Salzsäure befindet, so bildet sich Chlorcalcium und es scheidet sich ein weißer, flockiger Körper, weißer Indigo, ab; in der Flüssigkeit mußte daher eine chemische Verbindung von weißem Indigo mit Kalk vorhanden gewesen sein. Gelingt es, den weißen Indigo mit vollkommen luftfreiem Wasser auszuwaschen, ohne daß er mit der Luft in Berührung kommt, und unter dem Recipienten der Luftpumpe neben Schwefelsäure zu trocknen, so bildet er ein vollkommen weißes, krystallinisches, geschmack- und geruchloses Pulver, welches in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich ist, sich in Kalilauge aber mit gelber Farbe leicht auflöst.

Der blaue, wie der weiße Indigo bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, letzterer enthält aber auf gleiche Mengen der übrigen Elemente mehr Wasserstoff als der erstere. Bei seiner Bildung muß daher gleichzeitig eine Zersetzung von Wasser stattfinden, dessen Wasserstoff der blaue Indigo aufnimmt, während der Sauerstoff eine andere Substanz vorfinden muß, mit der er sich verbinden kann. Deshalb ist stets die Gegenwart eines leicht oxydirbaren Körpers erforderlich, wenn der blaue Indigo in den weißen übergehen soll. Bei dem eben geschilderten Versuche ist dieser das aus dem Eisenvitriol durch Kalkerde abgeschiedene Eisenoxydulhydrat, welches dabei in Eisenoxydhydrat übergeht. Außerdem muß aber gleichzeitig auch eine starke Base vorhanden sein, mit welcher der an und für sich unlösliche weiße Indigo eine lösliche Verbindung eingehen kann. Durch schweflige und phosphorige Säure, durch metallisches Eisen und Zink wird der blaue Indigo unter Bildung von Schwefelsäure, Phosphorsäure, Eisenoxyd und Zinkoxyd ebenfalls entfärbt, wenn zu gleicher Zeit ein freies Alkali oder eine freie Erde vorhanden ist.

An der Luft absorbirt der weiße Indigo allmälig Sauerstoff und geht nach und nach in blauen über, rascher beim Erhitzen und wenn er

mit Feuchtigkeit durchdrungen ist. Ebenso setzt eine Lösung desselben in Kali an der Luft blaues Pulver ab. Läßt man bei der Bereitung des farblosen Indigos die Flüssigkeit aus dem Heber sogleich in die Luft treten, so fließt sie von dem Punkte an, wo sie die Luft berührt, blau gefärbt aus.

In der Pflanze ist nach dem Obigen der Indigo als weißer vorhanden, und letzterer wird erst durch den Sauerstoff der Luft in dem ausgepreßten Safte gebläut.

Der Waid (Isatis tinctoria), enthält ebenfalls Indigo.

Lackmus. Aus Roccella tinctoria, einer Flechtenart, deren Saft ebenfalls farblos ist, setzt sich, wenn sie mit Kalk und Urin faulen gelassen wird, ein blauer, in Wasser und Weingeist löslicher, Farbstoff, Lackmus, ab; ein Vorgang, von dessen Wesen man noch keine genaue Kenntniß hat.

Stoffwechsel in der organischen Natur.

§. 133.

Wenn man den Versuch macht, die Frage zu erörtern, welche chemische Vorgänge bei der Ernährung der Menschen und Thiere im Allgemeinen stattfinden mögen, so kann man sich ausschließlich auf die Betrachtung pflanzlicher Nahrungsmittel beschränken, weil ja die Ernährung durch Fleisch, Blut, Fett 2c. nur in einer durch die Verdauung vermittelten Assimilation bereits fertig gebildeter Stoffe bestehen kann. Diejenigen Pflanzen nun, welche überhaupt als Nahrungsmittel dienen, Gramineen, Hülsenfrüchte, Knollen- und Wurzelgewächse, Krautarten 2c., sind vorzugsweise reich an Eiweißkörpern, Pflanzenleim, Stärke, Gummi und Zucker und enthalten daneben anorganische Salze. Es unterliegt deshalb wohl keinem Zweifel, daß gerade diese Stoffe bei der Ernährung eine wichtige Rolle spielen. — Die Eiweißkörper, welche den Hauptbestandtheil aller Organe ausmachen, werden den Menschen und Thieren von den Pflanzen ebenfalls fertig gebildet geliefert und durch einfache Assimilation von ihnen aufgenommen. Ein zweiter, für die Organe der Körper sehr wichtiger Bestandtheil ist die leimgebende Substanz. Zweifelsohne bildet der Pflanzenleim in der Pflanzennahrung Material zu deren Erzeugung, allein er

ist doch darin in zu geringer Menge enthalten, als daß man die leimgebende Substanz, die so vielfach überall im Körper verbreitet ist, allein auf seine Rechnung setzen könnte. Da nun die pflanzlichen Nahrungsmittel andere stickstoffhaltige Stoffe als Eiweißkörper nicht enthalten, so muß angenommen werden, daß letztere auch die Quelle für die Bildung der leimgebenden Substanz im Thierkörper sind. Eiweißkörper und leimgebende Substanz bilden aber das Material der Organe, durch welche alle körperlichen Functionen und Thätigkeiten ausgeübt werden. Der Gebrauch dieser Organe ist zweifelsohne mit chemischer Zersetzung ihrer Masse verbunden, und die Ernährung des Körpers besteht zum größten Theil in der Ersetzung dieses Verbrauches. Darum sind von Pflanzenstoffen diejenigen, welche am meisten Eiweißkörper enthalten — Gramineen (Brod, Mehlspeisen), Hülsenfrüchte — am nahrhaftesten*), und die daran ärmeren Knollengewächse (Kartoffeln) stehen ihnen, noch mehr aber die daran besonders armen Wurzelgewächse und Krautarten nach.

Die zweite im ganzen Körper am meisten verbreitete Stoffgruppe bilden die Fette. Da dieselben in den als Nahrungsmittel dienenden Pflanzen in äußerst geringen Mengen angetroffen werden, so müssen sie sich im thierischen Organismus erst erzeugen und als Material dazu dienen zweifelsohne die stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen, nämlich Stärke, Gummi und Zucker.

Die anorganischen Bestandtheile des Menschen- und Thierkörpers werden demselben natürlich auch durch die Pflanzen fertig gebildet geliefert.

Eiweißkörper und anorganische Salze liefern also die Pflanzen bei der Ernährung unmittelbar, dagegen für die Erzeugung der größten Menge der leimgebenden Substanz und des Fettes bieten sie nur das Material dar, für erstere in den Eiweißkörpern, für letzteres in den Kohlenhydraten.

Hieran reiht sich die Frage über den Ursprung dieser Substanzen in den Pflanzen. Die ganze Organisation der letzteren läßt nur eine Möglichkeit zu; sie müssen die Stoffe, aus denen sich Eiweißkörper und Kohlenhydrate wie alle ihre Bestandtheile in ihnen erzeugen, theils in Gasform durch ihre Blattorgane, theils ebenso wie die dem Erdboden entnommenen anorganischen Salze in Form von wässerigen Lösungen durch die Wurzeln aufsaugen. Diese Stoffe können nur Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und vielleicht auch Schwefelwasserstoff sein, welche letztere drei theils durch den Athmungsproceß der Menschen und Thiere (§. 40), theils durch die Verwesung thierischer Cadaver (§§. 112 und 116) unaufhörlich

*) Fleischnahrung, Milch- und Eierspeisen sind natürlich noch nahrhafter.

massenhaft entstehen und einerseits in die Luft treten, andererseits in dem den Erdboden durchdringenden Wasser aufgelöst bleiben.

Allein nicht blos die Substanz abgestorbener Thierkörper, sondern die Ueberreste von Pflanzen selbst sind in ihrer Verwesung eine Quelle der Nahrungsstoffe für lebende Pflanzen.

Liegt nämlich ein abgestorbener Pflanzentheil an der Luft, dem Sauerstoff und der Feuchtigkeit ausgesetzt, so verfällt er ebenfalls der Verwesung, er entwickelt Kohlensäure und verwandelt sich zuerst in eine, in dem Maße, als die Zersetzung weiter fortschreitet, sich dunkler, gelb, braun bis schwarz färbende Masse, den sogenannten Humus, welcher einen Hauptbestandtheil der dunklen Ackererde ausmacht.

Wird solche Ackererde oder faules Holz mit Kalilauge ausgezogen, so färbt sich die Flüssigkeit braun und läßt beim Vermischen mit einer Säure einen flockigen braunen Niederschlag fallen, welcher sauer reagirt und in reinem Wasser etwas löslich ist, — Humussäure.

Nicht alle jene Massen braun färbende Substanz wird von Kalilauge aufgenommen; die ungelöst bleibende nennt man Humin.

Humussäure wie Humin fallen nach und nach weiter der vollständigen Verwesung anheim, bei welcher vorzugsweise Kohlensäure und Wasser gebildet, die anorganischen Theile der Pflanze aber der Erde zurückgegeben werden. Nur unter Wasser und bei Luftabschluß zersetzen sich abgestorbene organische Gebilde so, daß Sumpfgas entsteht (§. 42). Enthält der faulende oder verwesende Pflanzenkörper Eiweiß, so entsteht aus dessen Stickstoff Ammoniak und aus dem Schwefel Schwefelwasserstoff.

§. 134.

Verbrennung organischer Körper.

Holz, Torf, Braunkohlen und Steinkohlen verhalten sich im Allgemeinen bei der trocknen Destillation und bei der Verbrennung mit Kupferoxyd ziemlich ähnlich*) (§§. 44, 93 und 94). Bei letzterer namentlich

*) Torf, Braunkohle und Steinkohle sind aus Holzmassen durch einen gemischten Fäulniß- und Verwesungsproceß entstanden. Die beiden letzteren entstammen Wäldern, welche der vorweltlichen Zeit angehörten, bei Erdrevolutionen durch Schlammmassen verschüttet wurden und einem Zersetzungsproceß anheimfielen, durch den sie unter Abscheidung von Kohlensäure, Wasser und Kohlenwasserstoff im Laufe vieler Jahrtausende in Steinkohle und Braunkohle übergingen. Torf ist in der historischen Zeit aus Binsen, Riedgräsern, Moosen und strauchartigen Pflanzen in ähnlicher Weise entstanden und entsteht an manchen Orten noch unausgesetzt. Das älteste dieser Gebilde, bei welchem die Zersetzung am weitesten

zeigt es sich, daß sie hauptsächlich nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen und zwar vom Sauerstoff weniger enthalten als erforderlich ist, um mit dem Kohlenstoff Kohlensäure und mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden. Sie sind daher alle brennbar und lassen sich zur Erzeugung künstlicher Wärme benutzen. Werden sie bei vollkommenem Luftzutritt verbrannt, wie das bei der Heizung in unseren Oefen beabsichtigt wird, so entstehen durch die bloße Einwirkung der Hitze zuerst dieselben Substanzen, wie bei der trocknen Destillation, nämlich außer Kohle nicht weiter brennbare: Wasser und Kohlensäure, und noch brennbare, z. B. Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas, Holzgeist und Essigsäure, Theeröl, Pech &c. Die complicirter zusammengesetzten der zuletzt genannten Producte zerfallen unter dem weiteren Einfluß der Hitze theils abermals in einfacher zusammengesetzte (Kohle, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff &c.), theils werden sie direct, zugleich mit allen anderen brennbaren Gasen, bei der alsbald erfolgenden Verbrennung durch den Sauerstoff der Luft unter Lichtentwickelung zu Kohlensäure und Wasser oxydirt. — Flammenverbrennung.

Allein diese lebhafte Gasentwickelung, diese Flammenverbrennung hört bald auf, und es bleibt nur Kohle zurück, welche entweder theils zu Kohlensäure, theils zu Kohlenoxydgas, oder bei recht lebhaftem Luftzutritt sogleich vollständig zu Kohlensäure verglimmt oder mit nur schwacher Flamme verbrennt. — Die anorganischen Substanzen bilden die vollkommen unverbrennliche Asche.

So sind denn Kohlensäure, Wasser und Asche die endlichen Producte aller Verbrennung.

Die Gase reißen bei ihrem Aufsteigen in den Schornstein in der Regel etwas Kohle mechanisch mit fort, — Ruß —, und bisweilen, wenn der Luftzutritt nicht ganz hinreichend ist, erheben sich auch wohl gasförmige Theeröle mit in den Schornstein und schlagen sich dort als Flüssigkeiten, den Ruß imprägnirend, nieder (Glanzruß).

---

vorgeschritten, ist die Steinkohle; die jüngere Braunkohle zeigt noch sehr häufig unverkennbare Holzstruktur und im Torf findet man oft kaum veränderte Vegetabilien. In allen dreien ist der Sauerstoff des Holzes im Verhältniß zum Kohlenstoff und Wasserstoff vermindert, in den Steinkohlen am meisten, im Torf am wenigsten.

Anhang.

Die wichtigsten Gesetze der Stöchiometrie.

Stöchiometrie (Elementenmeßkunde, στοιχεῖον, Element, u. μετρεῖν, messen) heißt die Lehre von den Verhältnissen, in denen die an irgend einem chemischen Processe sich betheiligenden Mengen (Gewichts- und Raummengen) der Elemente oder Verbindungen zu einander stehen.

Es gelten über diese Verhältnisse folgende hauptsächlichste Gesetze:

1) Jede bestimmte chemische Verbindung zweier oder mehrerer Elemente enthält dieselben stets in einem und demselben unveränderlichen Gewichtsverhältniß.*)

2) Verbindet sich die Gewichtsmenge x eines Elementes A mit der Gewichtsmenge y eines anderen Elementes B zu der niedrigsten Verbindungsstufe, so sind in den höheren Verbindungsstufen derselben beiden Elemente mit x Gewichtstheilen von A stets my Gewichtstheile von B vereinigt, wo der Coefficient m entweder eine ganze Zahl oder ein sehr einfacher Bruch ist. Die am häufigsten vorkommenden Werthe von m sind $^4/_3$, $^3/_2$, 2, 3, $^7/_2$, 4, 5, und 7. (Kohlenoxyd, Oxalsäure und Kohlensäure enthalten auf 6 Gewichtstheile Kohlenstoff der Reihe nach 8, 12 (= $^3/_2 \cdot 8$) und 16 Gewichtstheile Sauerstoff.)

3) Vereinigen sich x Gewichtstheile eines Elementes A einerseits mit y Gewichtstheilen eines anderen Elementes B und andererseits mit z Gewichtstheilen eines dritten Elementes C, so geben y und mz die Gewichts-

*) Hiernach kann man die früher (§. 1) gegebene Definition der chemischen Verbindung dahin erweitern, daß eine solche jede Verbindung sei, welche ihre Bestandtheile in einem bestimmten, unabänderlichen und von äußeren Umständen (z. B. von der Temperatur) unabhängigen Mengenverhältniß enthält.

mengen an, in welchen B und C sich vereinigen, wo der Coefficient m = 1 ist oder einen ähnlichen Werth hat, wie in No. 2 angegeben ist. 1 Gewichtstheil Wasserstoff bildet einerseits mit 16 Gewichtstheilen Schwefel Schwefelwasserstoff und andererseits mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff Wasser, die Oxydationsstufen des Schwefels fallen daher alle unter die Formel: 16 Gewichtstheile Schwefel + m. 8. Gewichtstheile Sauerstoff; in der schwefligen Säure ist m = 2 (16 Gewichtstheile Schwefel + 16 Gewichtstheile Sauerstoff), in der Schwefelsäure = 3 (16 Gewichtstheile Schwefel + 24 Gewichtstheile Sauerstoff).

4) Mischungsgewicht (Aequivalent oder Atomgewicht, auch schlechthin Atom) eines Elementes nennt man die Gewichtsmenge desselben, welche sich mit 8*) Gewichtstheilen Sauerstoff zu dessen niedrigster**) Oxydationsstufe verbindet. Man bezeichnet ein Mischungsgewicht eines Elementes mit einem aus dem Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens gebildeten Symbol. Die nachstehende Tabelle enthält die Mischungsgewichte und deren Symbole***).

Aluminium	Al	=	13,7	Didym	D	=	47,5
Antimon	Sb[1])	=	122	Eisen	Fe[3])	=	28
Arsenik	As	=	75	Erbium	Er	=	56,3
Baryum	Ba	=	68,5	Fluor	F	=	19
Beryllium	Be	=	4,7	Gold	Au[4])	=	197
Blei	Pb[2])	=	103,5	Indium	In	=	35,9
Bor	B	=	11	Jod	J	=	127
Brom	Br	=	80	Iridium	Ir	=	99
Cadmium	Cd	=	56	Kalium	K	=	39,1
Cäsium	Cs	=	133	Kobalt	Co	=	29,5
Calcium	Ca	=	20	Kohlenstoff	C[5])	=	6
Cerium	Ce	=	46	Kupfer	Cu[6])	=	31,7
Chlor	Cl	=	35,5	Lanthan	La	=	46,8
Chrom	Cr	=	26,1	Lithium	Li	=	7

*) Diese Zahl 8 ist deshalb gewählt worden, weil 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff Wasser bildet und der Wasserstoff das kleinste Mischungsgewicht hat.

**) Die Mischungsgewichte von Kupfer, Quecksilber, Aluminium, Bor und einigen anderen Elementen hat man aus später zu erörternden Gründen anders bestimmt.

***) Das Mischungsgewicht von Terbium ist noch nicht bekannt.

[1]) Stibium, [2]) Plumbum, [3]) Ferrum, [4]) Aurum, [5]) Carbo, [6]) Cuprum.

Magnesium	Mg	=	12	Silicium	Si	=	14
Mangan	Mn	=	27,5	Stickstoff	N[5])	=	14
Molybdän	Mo	=	48	Strontium	Sr	=	43,8
Natrium	Na	=	23	Tantal	Ta	=	182
Nickel	Ni	=	29,5	Tellur	Te	=	64
Niobium	Nb	=	94	Thallium	Tl	=	204
Osmium	Os	=	99,6	Thorium	Th	=	57,86
Palladium	Pd	=	53,3	Titan	Ti	=	25
Phosphor	P	=	31	Uran	U	=	60
Platin	Pt	=	98,7	Vanadium	V	=	51,3
Quecksilber	Hg[1])	=	100	Wasserstoff	H[6])	=	1
Rhodium	Rh	=	52,2	Wismuth	Bi[7])	=	210
Rubidium	Rb	=	85,4	Wolfram	W	=	92
Ruthenium	Ru	=	52,2	Yttrium	Y	=	30,8
Sauerstoff	O[2])	=	8	Zink	Zn	=	32,6
Schwefel	S[3])	=	16	Zinn	Sn[8])	=	59
Selen	Se	=	39,7	Zirkonium	Zr	=	44,8
Silber	Ag[4])	=	108				

5) Die Mischungsgewichte geben zufolge No. 3 die Gewichtsmengen an, in denen je zwei Elemente zusammen treten, in der Art, daß wenn A das Mischungsgewicht des einen, B das des anderen Elementes ist, jede Verbindung derselben nach der Formel A + m.B zusammengesetzt ist, in welcher m = 1 ist oder die in No. 2 erwähnten Werthe hat. Um aber etwaige Brüche von Atomen zu vermeiden, schreibt man die Formel: n.A + p.B, worin dann n am häufigsten = 1, 2 oder 3 und p = 1, 2, 3, 4, 5, 7, 2c. ist. $\left(\frac{p}{n} = m\right)$ So ist H + Cl die Formel der Salzsäure, Fe + 2 S die für Schwefelkies. In der Formel für eine Verbindung zweier Elemente läßt man das Pluszeichen in der Regel weg und hängt die Zahlen n und p dem betreffenden Symbol unten an: H Cl, $Fe S_2$, Al_2O_3 (Thonerde)*).

---

[1]) Hydrargyrum, [2]) Oxygenium (ὀξύς, sauer und γεννάω, ich erzeuge), [3]) Sulphur, [4]) Argentum, [5]) Nitrogenium (Nitrum, Salpeter und γεννάω), [6]) Hydrogenium (ὕδωρ, Wasser und γεννάω), [7]) Bismuthum, [8]) Stannum.

*) Diese Zahlen werden mitunter nach Art der arithmetischen Exponenten oben angesetzt, z. B. $Al^2 O^3$. — Ein doppeltes Mischungsgewicht wird auch wohl dadurch bezeichnet, daß durch das Symbol noch ein Horizontalstrich gemacht wird, Al_2 = Al. Die Formeln der Sauerstoffverbindungen stellt man auch so auf, daß man die Anzahl der Mischungsgewichte des Sauerstoffs durch über das Symbol des Radicals gesetzte Punkte angiebt, z. B. $\dddot{S} = SO_3$ für Schwefelsäure, $\dddot{Al} = Al_2 O_3$ 2c.

6) Um die Formel einer Verbindung festzustellen, oder um anzugeben, wie viel Gewichtstheile die Verbindung von jedem Element enthält, muß man außer den Mischungsgewichten noch die in No. 5 mit n und p bezeichneten Coefficienten kennen. Für die wichtigsten Verbindungen der Elemente mögen letztere aus der nachstehenden Zusammenstellung der Formeln entnommen werden:

Wasser HO;
Schwefelsäure SO_3, schweflige Säure SO_2, Schwefelwasserstoff HS;
Salpetersäure NO_5, Untersalpetersäure NO_4, salpetrige Säure NO_3, Stickoxyd NO_2;
Phosphorsäure PO_5, phosphorige Säure PO_3, unterphosphorige Säure PO, Phosphorwasserstoff H_3P;
Arseniksäure AsO_5, arsenige Säure AsO_3;
Antimonsäure SbO_5, Antimonoxyd SbO_3;
Kohlensäure CO_2, Oxalsäure C_2O_3, Kohlenoxyd CO, schweres Kohlenwasserstoffgas C_4H_4, leichtes Kohlenwasserstoffgas C_2H_4 *);
Chlorwasserstoff HCl,**) Jodwasserstoff HJ, Bromwasserstoff HBr, Fluorwasserstoff HF;
Borsäure BO_3, Kieselsäure SiO_2;
Alkalien und alkalische Erden KO, NaO, CaO, BaO, SrO, MgO;
Thonerde Al_2O_3;
Oxydule von Eisen, Nickel, Kobalt und Zinn FeO, NiO, CoO, SnO;
Eisenoxyd Fe_2O_3, Zinnoxyd SnO_2, Zinkoxyd ZnO;
Bleioxyd PbO, Bleisuperoxydul Pb_3O_4, Bleisuperoxyd PbO_2;
Wismuthoxyd BiO_3;
Kupferoxydul Cu_2O, Kupferoxyd CuO;
Quecksilberoxydul Hg_2O, Quecksilberoxyd HgO;
Silberoxyd AgO;
Goldoxyd AuO_3;
Platinoxyd PtO_2;
Chromoxyd Cr_2O_3, Chromsäure CrO_3;
Manganoxydul MnO, Manganoxyd Mn_2O_3, Mangansuperoxyd MnO_2, Mangansäure MnO_3, Uebermangansäure Mn_2O_7.

*) Warum man diese beiden letzten Formeln nicht so schreibt: CH und CH_2, wird später auseinander gesetzt werden.

**) Flüssige Salzsäure, d. h. eine gesättigte Auflösung von Salzsäure in Wasser enthält die beiden Bestandtheile in Gewichtsmengen, welche sehr annähernd der Formel $HCl + 6\,HO$ entsprechen.

7) Die oben erwähnten Formeln lassen sich benutzen, um die chemischen Processe in anschaulicher Weise darzustellen, z. B. die Zersetzung des Mangansuperoxyds in der Rothglühhitze (§. 13):

$$2\ MnO_2 = \begin{cases} Mn_2O_3 \\ O \end{cases}$$

und in der Weißglühhitze:

$$3\ MnO_2 = \begin{cases} Mn_2O_3 + MnO \\ O_2, \end{cases}$$

ferner die Einwirkung der Salzsäure (S. 74) und des Schwefelwasserstoffs (S. 41) auf Metalloxyde:

$$KO + HCl = KCl + HO$$
$$PbO + HS = PbS + HO,$$

Erinnert man sich dieser Processe, so kann man die Formeln der Chlormetalle und der Schwefelmetalle aus denen der Oxyde leicht ableiten.

8) Man hat die Beobachtung gemacht, daß in allen neutralen schwefelsauren Salzen die Säure dreimal so viel Sauerstoff enthält als die Basis. Gewissermaßen wird also jedes Atom Sauerstoff in der Säure durch ein Drittel Atom des in der Basis neutralisirt oder gesättigt. Man bezeichnet dieses Verhältniß so, daß man sagt, die Sättigungscapacität der Schwefelsäure sei $\frac{1}{3}$. — Aehnliche constante Verhältnisse zeigen sich in den neutralen Salzen aller Säuren, und man nennt deswegen allgemein die Sättigungscapacität irgend einer Säure das Verhältniß der Sauerstoffmenge der Basis in ihren neutralen Salzen zu der Sauerstoffmenge der Säure. —

Im Nachstehenden sind die Sättigungscapacitäten verschiedener wichtigen Säuren aufgeführt:

Schwefelsäure	$\frac{1}{3}$	Oxalsäure	$\frac{1}{3}$
Schweflige Säure	$\frac{1}{2}$	Borsäure	$\frac{1}{3}$
Salpetersäure	$\frac{1}{5}$	Chromsäure	$\frac{1}{3}$
Salpetrige Säure	$\frac{1}{3}$	Mangansäure	$\frac{1}{3}$
Kohlensäure	$\frac{1}{2}$	Uebermangansäure	$\frac{1}{7}$

9) Wegen der constanten Verhältnisse, in welchen sich Säuren und Basen mit einander vereinigen, hat man den Begriff des Mischungsgewichtes auch auf Säuren und Basen, sowie auf das Wasser ausgedehnt, und nennt Mischungsgewichte oder Atome derselben diejenigen Mengen, welche die in 6 aufgeführten Formeln repräsentiren.

Hiernach lassen sich nun, unter Berücksichtigung von 6 und 8, leicht

die Formeln für neutrale Salze aufstellen, indem man zunächst die Formel von einem Atom der Basis, und dahinter die von einem Atom der Säure schreibt, letztere jedoch, falls in dem Basisatom mehr als 1 Atom Sauerstoff vorhanden ist, mit demjenigen Coefficienten versieht, welcher erforderlich ist, um das der Sättigungscapacität entsprechende Verhältniß zwischen dem Sauerstoffgehalt der Basis und dem der Säure auszudrücken, z. B. schwefelsaures Kali $KO + SO_3$, oder KO, SO_3, oder auch wohl $KO\ SO_3$, salpetersaures Natron NaO, NO_5, kohlensaure Kalkerde CaO, CO_2, schwefelsaures Zinnoxyd $SnO_2, 2SO_3$, schwefelsaure Thonerde $Al_2O_3, 3SO_3$, salpetersaures Eisenoxyd $Fe_2O_3, 3NO_5$ 2c.

Zahlen in einer solchen Formel, welche in der Linie stehen, gelten, wenn keine Einschließungszeichen vorhanden sind, als Coefficienten für die Summe alles Dessen, was auf die Zahl folgt bis zum nächsten Pluszeichen oder Komma.

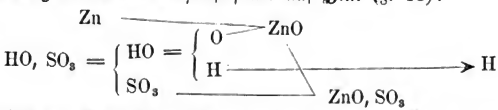
10) Die Hydrate der Säuren und Basen lassen sich in Bezug auf ihre stöchiometrischen Formeln als Salze betrachten, erstere, in denen das Wasser die Rolle der Basis, letztere, in denen es die der Säure spielt. Die Formeln der Säurehydrate ergeben sich, sowie man bedenkt, daß HO ein Mischungsgewicht Wasser bedeutet, z. B. Schwefelsäurehydrat HO, SO_3, Salpetersäurehydrat HO, NO_5 2c. Tritt das Wasser als Säure auf, so ist seine Sättigungscapacität $^1/_1$, wonach sich die Formeln der Hydrate der Basen z. B. KO,HO, ebenso $Al_2O_3,3HO$ 2c. ergeben.

11) Saure Salze sind meistens Verbindungen von neutralen Salzen mit Säurehydraten, z. B. saures schwefelsaures Kali $KO, SO_3 + HO,SO_3$ 2c., basische Salze können häufig als Verbindungen von neutralen Salzen mit Oxydhydraten angesehen werden, z. B. Malachit $CuO, CO_2 + CuO,HO$ und Kupferlasur $2(CuO, CO_2) + CuO,HO$ (S. 116). Ausnahmen von diesen Regeln, welche namentlich bei den Säuren des Phosphors, Arseniks und Antimons vorkommen, werden später erörtert werden.

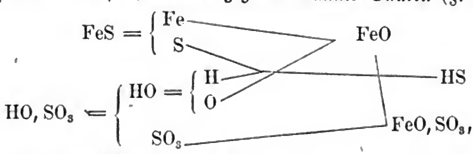
12) Auch den Krystallwassergehalt eines Salzes kann man durch eine Formel ausdrücken, wobei zu bemerken ist, daß häufig 1 At. Wasser, wenn es als Krystallwasser fungirt, mit aq (aqua) bezeichnet wird. — Für die Ausführung stöchiometrischer Rechnungen ist es häufig von Wichtigkeit, den Krystallwassergehalt eines Salzes zu kennen, weshalb wir im Nachstehenden die Formeln einiger krystallisirten Salze anführen:

$KO, C_2O_3 + HO = KO, C_2O_3 + aq,$
$CuO, NO_5 + 3\ aq,$ $Hg_2O, NO_5 + 2\ aq,$
$NaO, CO_2 + 10\ aq,$
$NaO, SO_3 + 10\ aq,$
$CaO, SO_3 + 2\ aq,$
$MgO, SO_3 + 7\ aq,$
$FeO, SO_3 + 7\ aq,$ $Mn\ Cl + 6\ aq,$
$ZnO, SO_3 + 7\ aq,$ Alaun $Al_2O_3, 3SO_3 + KO, SO_3 + 24\ aq.$
$MnO, SO_3 + 7\ aq,$*)
$CuO, SO_3 + 5\ aq.$

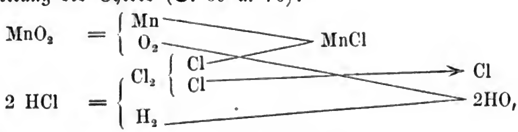
13) Auch der Inhalt der No. 8 bis 12 eignet sich dazu, gewisse chemische Processe in schematischer Weise anschaulich zu machen, z. B. Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Zink (§. 18):



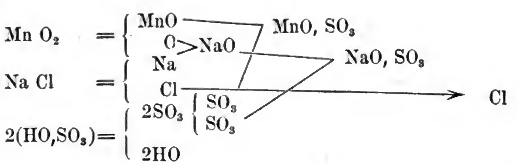
Verhalten der Schwefelmetalle gegen verdünnte Säuren (§. 24):



Darstellung des Chlors (S. 69 u. 76):

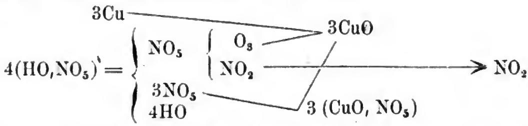


oder:



*) Dieser Krystallwassergehalt ist in dem Salze vorhanden, wenn es aus einer Lösung bei einer Temperatur unter 6° krystallisirt. Das in höherer Temperatur auskrystallisirende enthält 5 oder 4 At. Krystallwasser.

Verhalten der Metalle zu Salpetersäure (S. 46):



Von Formulirungen dieser Art macht man Anwendung bei Berechnungen von Aufgaben, die sich auf chemische Vorgänge gründen*).

14) Auf die Bezeichnung der Zusammensetzung organischer Körper lassen sich die vorstehenden Begriffe und Regeln ebenfalls anwenden. Wir führen einige Formeln besonders wichtiger organischer Körper an:

Cyan $C_2N = Cy$, Cyanwasserstoff $= HCy$,
Ammoniak $H_3N = Ak$, Ammonium $H_4N = Am$,
Ammoniumoxyd H_4N,O, Chlorammonium H_4N,Cl,
Ammoniumoxydhydrat H_4NO,HO,
Schwefelsaures Ammoniumoxyd H_4NO,SO_3,
Benzol $C_{12}H_6$, Nitrobenzol $C_{12}H_5NO_4$,
Anilin $C_{12}H_7N$,
Salzsaures Anilin $C_{12}H_7N,HCl = C_{12}H_8N,Cl$,
Schwefelsaures Anilin $C_{12}H_7N,HO + SO_3 = C_{12}H_8N,O + SO_3$,
Stärke $C_{12}H_{10}O_{10}$, Gummi $C_{12}H_{10}O_{10} + aq$,
Rohrzucker $C_{12}H_{11}O_{11}$, Traubenzucker $C_{12}H_{12}O_{12} + 2\ aq$, Milchzucker $C_{12}H_{11}O_{11} + aq$,
Glycerin $C_6H_5O_3 + 3HO$,
Methylalkohol $C_2H_4O_2$, Aethylalkohol $C_4H_6O_2$, Amylalkohol $C_{10}H_{12}O_2$,
Methyläther $C_2\,H_3\,O$, Aethyläther $C_4\,H_5\,O$, Amyläther $C_{10}H_{11}O$,

---

*) Soll z. B. berechnet werden, wie viel Salpetersäurehydrat erforderlich ist, um x grm. Kupfer aufzulösen, und wie viel salpetersaures Kupferoxyd und Stickoxydgas dabei entstehen, so erinnere man sich, daß Cu 31,7 Gewichtstheile Kupfer, NO_2 30 Gewichtstheile Stickoxyd und NO_5,HO 63 Gewichtstheile Salpetersäurehydrat bedeuten. Die letzte der obigen Formeln lehrt hiernach, daß, um 95,1 grm. Kupfer aufzulösen, 252 grm. Salpetersäurehydrat erforderlich sind und daß dabei 281,1 grm. salpetersaures Kupferoxyd und 30 grm. Stickoxydgas entstehen, woraus die Data zur Lösung obiger Aufgabe sich ergeben.

Ameisensäurehydrat $C_2HO_3 + HO$, Essigsäurehydrat $C_4H_3O_3 + HO$,
Valeriansäurehydrat $C_{10}H_9O_3 + HO$*),
Palmitinsäurehydrat $C_{32}H_{31}O_3 + HO$,
Stearinsäurehydrat $C_{36}H_{35}O_3 + HO$,
Weinsteinsäurehydrat $C_4H_2O_5, HO$,
Essigsaures Bleioxyd (Bleizucker) $PbO, C_4H_3O_3 + 3\ aq$,
Essigsaures Natron $NaO, C_4H_3O_3 + 6\ aq$,
Stearinsaures Kali $KO, C_{36}H_{35}O_3$,
Weinsaures Kali $2(KO, C_4H_2O_5) + aq$,
Saures weinsaures Kali (Weinstein), $KO, C_4H_2O_5 + HO, C_4H_2O_5$,
Stearin = Glycerin + Stearinsäure = $C_6H_5O_3, 3C_{36}H_{35}O_3$.
Bildung von Alkohol aus Traubenzucker:

$$C_{12}H_{12}O_{12} = 2\underbrace{C_4H_6O_2}_{\text{Alkohol}} + 4\underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure}}.$$

Man sieht hieraus, daß nach dem Obigen Rohrzucker nicht in gleicher Weise zerlegt werden kann (S. 184).

Uebergang von Nitrobenzol in Anilin (§. 117):

$$C_{12}H_5NO_4 + 6\ H = C_{12}H_7N + 4\ HO.$$

15) Berechnungen, welche sich auf die in 13 erwähnte Art der Formulirung chemischer Processe gründen, liefern Gasmengen zunächst in Gewichtsgrößen ausgedrückt. Da die Wägung von Gasen aber äußerst umständlich, in den meisten Fällen der Praxis geradezu unausführbar ist, und durch eine Messung ihres Volumens ersetzt werden muß, so kommt man häufig in die Lage, Gewichtsgrößen in Raumgrößen umwandeln zu müssen. Hierzu dient die Gleichung

$$\text{(I.)}\quad g = vs$$

d. h. das Gewicht eines Körpers, **in Grammen** ausgedrückt, findet man, indem man sein Volumen, **in Cubikcentimetern** ausgedrückt, mit dem specifischen Gewicht, **auf Wasser bezogen**, multiplicirt**).

---

*) Wir machen darauf aufmerksam, daß allgemein
die Alkohole nach der Formel $C_{2n}H_{2n+1}O, HO = C_{2n}H_{2n+2}O_2$,
die Aether nach der Formel $C_{2n}H_{2n+1}O$ und
die dazu gehörigen Säurehydrate nach der Formel
$$C_{2n}H_{2n-1}O_3, HO = C_{2n}H_{2n}O_4$$
zusammengesetzt sind.

**) Meter ist der zehnmillionste Theil des nördlichen Erdmeridianquadranten.
1 Meter = 10 Decimeter = 100 Centimeter = 1000 Millimeter.

Diese Gleichung gilt für Körper jedes Aggregatzustandes. Bei der Ausmittelung der specifischen Gewichte gasförmiger Körper ist man jedoch genöthigt, ein Verfahren einzuhalten, nach welchem sich dieselben auf das der Luft als Einheit bezogen ergeben, also 773 mal so groß als sie auf Wasser bezogen sein würden, da das specifische Gewicht des Wassers gegen Luft 773 ist. Man ist daher in der Regel veranlaßt, diese auf die Luft bezogenen specifischen Gewichte gasförmiger Körper zu gebrauchen, und wenn dies für s in obiger Gleichung geschehen soll, so muß sie aus dem angegebenen Grunde die Form

$$(II.)\ g = \frac{vs}{773}$$

erhalten.

Im Nachstehenden sind die specifischen Gewichte einiger gasförmigen Körper auf Luft bezogen und reducirt auf 0° und 760^{mm} Druck, die Dampfdichten derselben, zusammengestellt.

Sauerstoff =	1,10832	Phosphor =	4,29474
Wasserstoff =	0,06927	Chlor =	2,45631
Wassergas =	0,62343	Jod =	8,79729
Stickstoff =	0,96978	Brom =	5,54160
Schwefel =	2,21664	Cyan =	1,80102

---

10 Meter = 1 Dekameter,
100 „ = 1 Hektometer,
1000 „ = 1 Kilometer,
10000 „ = 1 Myriameter.

In neuerer Zeit hat man angefangen, die verschiedenen Fuße als einfache Theile des Meters zu bestimmen, z. B. in Baden und Nassau (vom 1. Jan. 1872 an im norddeutschen Bunde) ist 1 Fuß = 0,3 Meter = 30 Centimeter. — Ein Cubikdecimeter (1000 Cubikcentimeter) wird ein Liter genannt.

Man nennt das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser bei seiner größten Dichtigkeit (also in einer Temperatur von + 4°) ein Gramm; v C. C. M. solchen Wassers wiegen also v Gramm und v C. C. M. eines Körpers, welcher s mal so schwer ist als Wasser, v s grm.; daher obige Gleichung. — Im Falle 1 Pfd. = 500 grm. (Zollpfd.) u. 1 Schoppen (1/4 Maß) 500 C. C. M. (1/2 Liter) enthält, gilt die Gleichung auch für Pfunde als Gewichts- und Schoppen als Raumeinheit.

1 Gr. = 10 Decigr. = 100 Centigr. = 1000 Milligr.
10 „ = 1 Dekagr.
100 „ = 1 Hektogr.
1000 „ = 1 Kilogr. (schlechthin Kilo = 2 Pfund)
10000 „ = 1 Myriagr.

Salzsäure =	1,26279	Kohlensäure =	1,52394
Ammoniak =	0,58879	Kohlenoxyd =	0,96978
Stickoxyd =	1,03905	Leuchtgas =	0,96978
Schwefelwasserstoff =	1,17759	Sumpfgas =	0,55416
Schweflige Säure =	2,21664		

16) Handelt es sich aber nicht um Berechnung einer einzelnen bestimmten Raum- oder Gewichtsgröße, sondern um Ausmittelung des Verhältnisses der Gewichte zweier Gase aus dem bekannten Verhältniß der Volumina oder umgekehrt, so ist es, da jede der beiden Gleichungen I. und II. in derselben Weise zu folgenden:

$$\text{(III.)}\ \frac{g}{g'} = \frac{vs}{v's'} = \frac{v}{v'} \cdot \frac{s}{s'}$$

und

$$\text{(IV.)}\ \frac{v}{v'} = \frac{gs'}{g's} = \frac{g}{g'} \cdot \frac{s'}{s}$$

führt, völlig gleichgültig, auf welche Einheit s und s′ bezogen werden.

17) In §. 19 ist gelehrt worden, daß das Wasser aus 1 Volumen Sauerstoff und 2 Volumen Wasserstoff besteht. Da dasselbe dem Gewicht nach ein Atom beider Elemente enthält (S. 27), so verhalten sich die Räume gleicher Atome beider Elemente zu einander wie 1 : 2, was man auch so ausdrücken kann, daß man sagt, es ist in einem Vol. Sauerstoff ein At. enthalten, während dagegen ein At. Wasserstoff 2 Vol. einnimmt. — In gleicher Weise experimentell auszumitteln, in welchem Raumverhältniß zwei andere Gase sich verbinden, gelingt nur äußerst selten. Dagegen läßt sich dasselbe aus den Formeln in No. 6 mit Hülfe der Gleichung IV. in No. 16 leicht berechnen. Führt man diese Rechnung für die Wasserstoffverbindungen aus, so findet man, daß auch im Schwefelwasserstoff (HS) zwei Vol. Wasserstoffgas mit einem Vol. Schwefelgas verbunden sind, d. h. auch vom Schwefel nimmt ein At. ein Vol. ein. Für Chlor-, Jod-, Bromwasserstoffgas und Ammoniak findet man dagegen, daß das Volumverhältniß genau mit dem Verhältniß der Atomgewichte übereinstimmt, daß also in der Salzsäure z. B. gleiche Vol. Chlor und Wasserstoff, im Ammoniak dem Vol. nach dreimal so viel Wasserstoff als Stickstoff enthalten ist. Deshalb muß auch 1 At. der Halogene, sowie vom Stickstoff, genau denselben Raum einnehmen, wie 1 At. Wasserstoff, d. h. 2 Volumina. Daraus folgt auch, daß im Stickoxyd z. B. gleiche Vol. Sauerstoff und Stickstoff vorhanden sein müssen. Sauerstoff und

Schwefel nennt man daher einvolumige, Wasserstoff, Chlor, Jod Brom und Stickstoff zweivolumige Gase.

18) Bezeichnen S das specifische Gewicht eines zusammengesetzten Gases auf Luft bezogen bei 0° und 760^{mm} Druck, s, s′, s″ u. s. f. dieselben specifischen Gewichte seiner Bestandtheile im Gaszustande, v, v′, v″ 2c. die Volumina dieser Bestandtheile, welche in einem Atom der Verbindung enthalten sind, so ist unter der Voraussetzung, daß das Volumen eines Atoms des zusammengesetzten Gases gleich ist der Summe der Volumina der einzelnen Bestandtheile, daß also bei der Vereinigung der letzteren weder eine Verdichtung noch eine Ausdehnung statt findet,

$$\text{(V.)}\ S = \frac{vs + v's' + v''s'' + \ldots}{v + v' + v'' + \ldots}\ .$$

Versteht man nämlich unter G das Gewicht einer bestimmten Menge der zusammengesetzten Substanz, z. B. eines Atoms in Grammen ausgedrückt, unter V das Volumen derselben Menge in CCM ausgedrückt und unter g, g′, g″ 2c. die Gewichtsmengen der darin enthaltenen Bestandtheile in Grammen, so erhält man obige Gleichung durch wiederholte Anwendung der Gleichung II. (15).

$$S = \frac{773 \cdot G}{V} = \frac{773\,(g + g' + g'' + \ldots)}{v + v' + v'' + \ldots} = \frac{vs + v's' + v''s'' + \ldots}{v + v' + v'' + \ldots}$$

Die Gl. V. dient zunächst dazu, um auszumitteln, ob, wenn mehrere gasförmige Elemente sich mit einander verbinden, eine Verdichtung stattfindet, oder ob das Gesammtvolumen unverändert bleibt. Stimmt nämlich das nach Gl. V. berechnete specifische Gewicht der Verbindung im Gaszustande mit dem experimentell ausgemittelten überein, so ist das ein Beweis, daß die oben ausgesprochene Bedingung für die Gültigkeit der Gl. V. in der That erfüllt ist, d. h. daß das Volumen der Verbindung so groß ist wie die Summe der Volumina ihrer Bestandtheile. Dies gilt z. B. für Salzsäure, Jod- und Bromwasserstoffsäure, Stickoxyd 2c., im Allgemeinen für alle Verbindungen, welche durch Vereinigung zweier Gase von gleich großem Volumen entstehen.

Stimmt dagegen das beobachtete specifische Gewicht mit dem berechneten nicht überein, so folgt, daß die Bedingung, unter welcher die Gl. V. Gültigkeit hat, nicht erfüllt ist. Ist namentlich das beobachtete specifische Gewicht größer als das berechnete, ein Fall, der ungemein häufig vor-

kommt, so folgt, daß das Volumen der Verbindung kleiner ist, als die Summe der Volumina der Bestandtheile, d. h. daß bei der Vereinigung der letzteren eine Verdichtung stattgefunden hat, und der Grad dieser Verdichtung ergiebt sich sofort durch Vergleichung des berechneten mit dem beobachteten specifischen Gewicht. — Beim Ammoniakgas (NH_3 oder 2 Vol. N + 6 Vol. H) z. B. hat man das specifische Gewicht = 0,58879 beobachtet; die Berechnung nach Gl. V. ergiebt dasselbe zu 0,29439, d. h. genau halb so groß. Das Ammoniakgas ist also in der That doppelt so dicht, als es sein würde, wenn die für Gl. V. angenommene Bedingung stattfände, d. h. die 8 Volumina seiner Bestandtheile sind bei der Verbindung auf 4 Vol. verdichtet worden.

Führt man die nämliche Rechnung für Wasserdampf durch, so findet man nach Gl. V. S = 0,41562, also nur $^2/_3$ des beobachteten (0,62343). Die 3 Vol. Gas, welche Wasserdampf zufolge der Formel HO enthält, sind demnach auf 2 Vol. verdichtet.

Ueberhaupt gilt als allgemeines Gesetz, daß jedesmal Verdichtung eintritt, wenn die zur Vereinigung kommenden Gase nicht gleiche Volumina besitzen.

19) Die Gl. V in No. 18 kann auch dazu dienen, jede beliebige Größe, z. B. s oder s' ꝛc. zu berechnen, wenn alle anderen Größen in derselben bekannt sind und feststeht, daß bei der Verbindung der einzelnen Gase eine Verdichtung nicht stattfand, oder doch das Verhältniß bekannt ist, in welchem die Verdichtung eintrat. Der Kohlenstoff kann in allen seinen flüchtigen Verbindungen Gaszustand annehmen, während er im unverbundenen Zustande niemals gasförmig werden kann. Aus letzterem Grunde gelingt es uns auch nicht, eine Beobachtung anzustellen über die Größe des Volumens Kohlenstoffgas, welches mit anderen Gasen sich vereinigt. Man kann aber darüber eine Annahme machen, welche das specifische Gewicht des Kohlenstoffes hypothetisch zu berechnen erlaubt.

Berechnet man nämlich nach Gl. IV. in No. 16 das Volumenverhältniß $\frac{v}{v'}$ zwischen 1 At. Sauerstoff (8) und 1 At. Kohlenoxyd (14), welches ebenfalls 1 At. Sauerstoff enthält, so ergiebt sich dasselbe zu $^1/_2$, d. h. das Kohlenoxydgas nimmt ein doppelt so großes Volumen ein als der Sauerstoff, der zu seiner Erzeugung erforderlich ist. In Folge dessen kann man die Annahme machen, daß das Kohlenoxydgas aus gleichen Vol. Kohlenstoff und Sauerstoff ohne Verdichtung entsteht. Da demnach vom Kohlenstoffgas 1 At. 1 Vol. einnimmt, so gehört dasselbe

nach dieser Hypothese, wie Sauerstoff und Schwefel, zu den einvolumigen Gasen. Berechnet man nach dieser Annahme aus den specifischen Gewichten des Kohlenoxydgases und des Sauerstoffes nach Gl. V. No. 18 in der reducirten Form

$$(VI.)\ S = \frac{vs + v's'}{v + v'},\ \text{d. h.}$$

$$0{,}96978 = \frac{s + 1{,}10832}{2}$$

das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases (s), so ergiebt sich dasselbe zu 0,83124.

Berechnet man nach Gl. IV. in No. 16 das Volumverhältniß zwischen 2 At. Sauerstoff und 1 At. Kohlensäure, welches 2 At. Sauerstoff enthält, so ergiebt sich dasselbe zu 1, d. h., wenn in Sauerstoffgas Kohle zu Kohlensäure verbrennt, so ändert dasselbe sein Vol. nicht, sondern die entstandene Kohlensäure nimmt denselben Raum ein, welchen vorher das in ihr enthaltene Sauerstoffgas hatte. Hierbei müssen also 2 Vol. Sauerstoff und 1 Vol. Kohlenstoffgas zu 2 Vol. verdichtet werden.*)

20) Aus 16, 17 und 19 ergiebt sich, daß man die in 6 und 14 mitgetheilten Formeln auch benutzen kann, um ohne weitere Berechnung die Verhältnisse anzugeben, in welchen die Volumina der Elemente in einem Atom der Verbindungen zu einander stehen. Man erhält die betreffenden Verhältnißzahlen sofort, wenn man in jenen Formeln die Anzahlen der Atome der zweivolumigen Elemente (Wasserstoff, Chlor, Jod, Brom und Stickstoff) verdoppelt, die der einvolumigen Elemente (Sauerstoff, Schwefel und Kohlenstoff) dagegen unverändert läßt.

21) Es ist noch besonders wichtig hervorzuheben, daß, wenn auch die gemachte Hypothese, der Kohlenstoff sei ein einvolumiges Gas, dem Thatsächlichen nicht entsprechen sollte, das Product vs in Gl. VI., worin v das Volum und s das specifische Gewicht von 1 At. Kohlenstoff bezeichnet, doch immer eine unveränderliche Größe sein muß, welche Größe auch einer der Factoren habe. Ist v = 1, wie oben angenommen, so ergiebt sich s = 0,83124; sollte der Kohlenstoff nun nicht einvolumig, sondern n volu-

*) Aufgaben für den Anfänger: Wie viel Vol. Sauerstoff haben dem Obigen zufolge 1 Vol. Kohlenoxydgas, Leuchtgas und Sumpfgas nöthig, um zu verbrennen, und wie viel Vol. Kohlensäure und Wasser entstehen dabei?

mig sein, so wäre natürlich auch sein specifisches Gewicht in Gasform, weil dasselbe absolute Gewicht alsdann einen n mal so großen Raum einnehmen würde, nur $\frac{1}{n} \cdot 0{,}83124$. Da jedoch alsdann auch $v = n$ sein müßte, so hätte man für vs wieder dieselbe Größe wie vorher.

22) Die Dampfdichten sehr vieler Kohlenstoffverbindungen im Gaszustande, z. B. von Methylalkohol (1,12), Aethylalkohol (1,591), Amylalkohol (3,147), Ameisensäurehydrat (1,59), Essigsäurehydrat (2,080), Valeriansäurehydrat (3,66), Blausäure (0,9476), haben solche Größen, daß, wenn man sie vergleicht mit den nach Gl. V. No. 18, unter der in No. 19 gemachten Voraussetzung, berechneten, sich ergiebt: welches auch immer die Anzahl der Volumina der einzelnen Gase ist, die in der Verbindung enthalten sind, ein Atom der Verbindung selbst nimmt stets den Raum von 4 Vol. ein, so daß sowohl die in dem Aethylalkohol enthaltenen 18 Vol. wie die 12 Vol. des Methylalkohols und die 6 der Blausäure auf 4 Vol. verdichtet sind.

Diese Regelmäßigkeit ist ein feststehendes Gesetz, namentlich auch unabhängig davon, daß bei den zu ihrer Ausmittelung erforderlichen Berechnungen eine hypothetische Größe für das specifische Gewicht des Kohlenstoffes zum Grunde gelegt wurde. Um letzteres einzusehen, hat man nur zu erwägen, daß wenn S das berechnete, Σ das beobachtete specifische Gewicht der Verbindung, $v + v' + v'' \ldots$ rc. die Summe der Volumina der Bestandtheile vor, und x dieselbe Summe nach der Vereinigung sind, die Proportion stattfindet:

$$S : \Sigma = x : (v + v' + v'' + \ldots),$$

also

$$x = \frac{S \cdot (v + v' + v'' + \ldots)}{\Sigma}$$

ist. Setzt man statt S den Werth aus Gl. V. in No. 18, so ergiebt sich

$$x = \frac{\frac{vs + v's' + v''s'' + \ldots}{v + v' + v'' + \ldots}(v + v' + v'' \ldots)}{\Sigma}$$

d. h.

$$x = \frac{(vs + v's' + v''s'' + \ldots)}{\Sigma}$$

Bezeichnet nun v das Volumen der Atome des Kohlenstoffs und s die Dampfdichte desselben, so ist, wie schon in No. 21 erörtert wurde, das Product vs in jedem Falle constant, die Annahme, daß 1 At. Kohlenstoffgas 1 Vol. einnimmt, mag richtig oder unrichtig sein.

Wie also auch die Werthe von v und s sich in der That gestalten mögen, für den Werth von x (= 4) ist die einzelne Größe eines jeden völlig gleichgültig.

23) Die Formeln der in No. 22 namentlich aufgeführten Verbindungen, d. h. die Gewichte eines Atoms derselben, ergeben sich ohne Weiteres aus den Verbindungen, die sie eingehen können. Die Formel des Essigsäurehydrats z. B. muß $C_4H_3O_3$, HO und nicht etwa $C_8H_6O_6$, 2HO oder eine andere ähnliche sein, weil das neutrale essigsaure Kali nach der Formel KO,$C_4H_3O_3$ zusammengesetzt ist, mit 1 At. Kali also die durch die Formel $C_4H_3O_3$ ausgedrückte Menge Essigsäure sich verbindet (Vgl. No. 9). Es giebt aber viele organische Substanzen, welche nicht in gleicher Weise einfache Verbindungsverhältnisse zeigen, so daß man dieselben zur Feststellung der Formeln benutzen könnte. In diesen Fällen wendet man, wenn die Substanz gasförmig werden kann, häufig das in 22 angeführte Gesetz dazu an, indem man diejenige Quantität der Substanz ein Atom nennt, welche in Gasform 4 Volumina einnimmt. Dies ist der Grund z. B., weshalb die Formel des schweren Kohlenwasserstoffgases C_4H_4, und die des leichten Kohlenwasserstoffgases C_2H_4 geschrieben wird. Zum Schluß wollen wir hier noch einmal darauf aufmerksam machen, daß auch von den Wasserstoffsäuren, sowie vom Ammoniak 1 At. 4 Vol. ausfüllt, und daß Dasselbe für Wasser, Kohlensäure und Kohlenoxyd gilt, sowie man deren Formeln H_2O_2,C_2O_4 und C_2O_2 schreibt.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei in Darmstadt.